ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS

ÉTUDE COMPARATIVE

DES DIFFÉRENTES ESPÈCES

D'ALBUMINE ANIMALE

THÈSE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE

LE JUILLET 1874

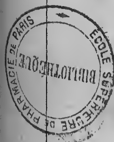
POUR OBTENIR LE DIPLOME DE PHARMACIEN DE PREMIÈRE CLASSE

PAR

HENRI LEMELAND

NÉ A VALOGNES (MANCHE)

Interne des hôpitaux de Paris (1er interne, concours de 1870)
Lauréat des hôpitaux (1er prix, médaille d'argent, concours de 1873)
Lauréat de l'École de pharmacie de Paris en 1873
(2e prix, médaille de bronze, concours de fin d'études)
Lauréat des hôpitaux (1er prix, médaille d'or, concours de 1874)
Médaille de bronze de l'Assistance publique
Membre de la Société d'émulation pour les sciences pharmaceutiques



PARIS
IMPRIMERIE ET LIBRAIRIE JULES BOYER ET Cie
11, RUE NEUVE-SAINT-AUGUSTIN, 11

1874

ECOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS

ÉTUDE COMPARATIVE

DES DIFFÉRENTES ESPÈCES

D'ALBUMINE ANIMALE

THÈSE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE

LE JUILLET 1874

POUR OBTENIR LE DIPLOME DE PHARMACIEN DE PREMIÈRE CLASSE

PAR



HENRI LEMELAND

NÉ A VALOGNES (MANCHE)

Interne des hôpitaux de Paris (1er interne, concours de 1870)
Lauréat des hôpitaux (1er prix, médaille d'argent, concours de 1873)
Lauréat de l'École de pharmacie de Paris en 1873
(2e prix, médaille de bronze, concours de fin d'études)
Lauréat des hôpitaux (1er prix, médaille d'or, concours de 1874)
Médaille de bronze de l'Assistance publique
Membre de la Société d'émulation pour les sciences pharmaceutiques

PARIS
IMPRIMERIE ET LIBRAIRIE JULES BOYER ET Cie
11, RUE NEUVE-SAINT-AUGUSTIN, 11

1874

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE
DE PARIS

MM. CHATIN, Directeur.
BUSSY, Directeur honoraire.

ADMINISTRATEURS

MM. Chatin, Directeur.
Berthelot, Professeur titulaire.
Planchon, Professeur titulaire.

PROFESSEURS

MM.	Chatin	Botanique.
	Berthelot	Chimie organique.
	A. Milne-Edwards.	Zoologie.
	Buigniet	Physique.
	Chevallier	Pharmacie galénique.
	Planchon.	Histoire naturelle des médicaments.
	Bouis.	Toxicologie.
	Baudrimont. . . .	Pharmacie chimique.
	Riche	Chimie inorganique.

PROFESSEURS DELÉGUÉS DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

MM. Bouchardat.
Gavarret.

PROFESSEUR HONORAIRE : M. Caventou.

AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM. L. Soubeiran.
Bourgoin.
Jungfleisch.

MM. Le Roux.
Marchand.

M. CHAPELLE, *Secrétaire.*

Nota. —*L'École ne prend sous sa responsabilité aucune des opinions émises par les candidats.*

A LA MÉMOIRE DE MA GRAND'MÈRE

A MON PÈRE, A MA MÈRE

A MON ONCLE GOSSELIN

A MES FRÈRES

A M. LE D[r] BOURGOIN

Pharmacien en chef de l'hôpital des Enfants-Malades,
Professeur agrégé de l'École supérieure de pharmacie

A M. LE D[r] JULES SIMON

Médecin de l'hôpital des Enfants-Malades

A MES COLLÈGUES DE L'HOPITAL DES ENFANTS-MALADES

(1870-1874)

AVANT-PROPOS



> L'art de guérir ne peut plus se séparer de la chimie la plus savante ; il a besoin de son concours à chaque instant ; et, si les études cliniques, si l'expérimentation physiologique lui montrent la route, c'est l'analyse chimique des produits normaux ou morbides de l'économie qui soutient ses pas et qui l'empêche de s'égarer.
>
> (DUMAS, *séance de l'Académie de médecine*, 29 juillet 1873.)

Sous la dénomination de *substances albuminoïdes*, on comprend un groupe de composés azotés organiques très voisins de l'albumine par leurs caractères physico-chimiques et leur rôle physiologique, différant très-peu de composition et présentant entre eux la plus grande analogie quand on compare leurs propriétés.

Cette classe de corps a été et est encore quelquefois désignée sous le nom de *combinaisons protéiques* ; elle devait ce nom à Mulder qui considérait toutes les substances azotées comme dérivées d'un radical, *la protéine*, auquel il donnait la formule (C^{40} H^{31} Az^{5} O^{12}). — Pour la préparer, il dissolvait la fibrine dans la potasse, précipitait ensuite la liqueur par l'acide acétique et lavait le précipité formé jusqu'à ce que les eaux de lavage n'entraînassent plus d'acétate de potasse. — Il s'ensuivait que tous les corps azotés qui forment la majeure partie des tissus animaux n'étaient

que des composés chimiques tous formés par le même radical, ne devant leur différence d'état ou de solubilité qu'à des variations dans les proportions d'*oxygène*, de *soufre*, de *phosphore*, entrant en combinaison. — Cette hypothèse qui aurait ramené l'étude des tissus à une simple analyse chimique n'a pas été justifiée par l'expérience, et l'on doit abandonner le nom de *matières protéiques* pris dans ce sens général pour désigner cette classe de corps. Il peut être employé pour indiquer qu'ils sont, chez l'animal surtout, les générateurs des tissus primitifs et les principes d'où dérivent en général les corps moins complexes de l'organisme animal.

On leur a aussi donné des noms qui rappellent, les uns leur origine, les autres leurs propriétés. Ainsi on les a appelés *Substances animales ou azotées, Matières animales neutres*, *Principes immédiats incristallisables*, *Corps organiques généraux*, etc.

Leur dédoublement en ammoniaque et en principes oxygénés se rattachant, d'une part à la série des acides gras homologues de l'acide acétique, et d'autre part à l'acide benzoïque, les a fait ranger dans la classe des amides et M. Berthelot les a désignés sous le nom d'*Amides complexes d'origine animale.*

Ces substances ont été depuis un siècle l'objet de nombreuses recherches qui ont enrichi la science d'une multitude de faits nouveaux ; mais, malgré les progrès réalisés, les propriétés chimiques des matières albuminoïdes, leurs relations réciproques, leurs produits de transformation et de dédoublement ne sont pas encore connus d'une manière précise. L'imperfection de la science sur ce point tient à l'impossibilité dans laquelle on est actuellement de vérifier si les substances qui servent de point de départ sont des

corps uniques bien définis. Aussi, malgré les nombreuses recherches déjà exécutées, la constitution des matières albuminoïdes est encore un des problèmes les plus difficiles que présente la chimie organique.

Dans un essai de classification de ces matières M. Bouchardat (1), s'appuyant sur les caractères particuliers, l'aspect extérieur, l'origine et l'inégale résistance que ces corps présentent aux agents de transformation, les divise en CINQ FAMILLES dont chacune comprend un certain nombre de *Groupes*.

Nous en avons formé un tableau que nous donnons ci-contre :

---

(1) BOUCHARDAT, *Thèse d'agrégation*. — Paris, 1872.

1re FAMILLE

Elles se dissolvent à 25° dans une solution de HCl, au $^{1}/_{1000}$ additionnée de gastérase.

- Solubles dans l'eau pure.
  - Coagulables par la chaleur seule.
    - Solubles dans HCl, au $^{1}/_{1000}$ sans ferment. Leur solution aqueuse n'est pas dialysable.
      - Albumine de l'œuf.
      - Albumine du sérum.
      - Albumine végétale (et leurs variétés).
  - Incoagulables par la chaleur seule.
    - Coagulables par le ferment de l'estomac des herbivores.
      - Caséine (et ses variétés).
      - Paraglobuline.
      - Métaglobuline.
      - Légumine.
      - Amandine, etc.
  - Matière rouge cristallisée des globules.
    - Hématocristalline.
- Insolubles dans l'eau pure.
  - Difficilement ou incomplètement solubles dans HCl, au $^{1}/_{1000}$.
    - Entièrement solubles dans le suc gastrique.
      - Fibrine du sang.
      - Myosine.
      - Syntonine des muscles.
      - Globuline de Denis.
      - Fibrine du Gluten.
    - Difficilement digérées par les ferments digestifs.
      - Albumine, Fibrine (coagulées par la chaleur).
  - Solubles dans l'alcool.
    - Glutine.
    - Glaïadine.

2e FAMILLE

Matières albuminoïdes résistant à l'action de HCl, au $^{1}/_{1000}$ employé seul ou associé aux ferments digestifs, et difficilement digérées par le suc gastrique.

- Solubles dans l'eau chaude, ne précipitent pas par le ferrocyanure de potassium.
  - Gélatines.
- Insolubles dans l'eau à froid et à chaud
  - Solubles dans le sulfate de cuivre amal.
    - Fibroïne de la soie.
    - Fibroïne de l'éponge.
  - Osséine — Epidermose.
  - Kératine — Matière cornée.
  - Elasticine — Mucine.
  - Pyine — Spermatine.

3e FAMILLE

Matières albuminoïdes solubles, incoagulables par la chaleur et dialysables.

- Peptones.

4e FAMILLE

Matières solides non organisées jouant le rôle de ferments.
(*Elles sont suffisamment caractérisées par leurs propriétés individuelles.*)

- Pepsine — Pancréatine.
- Diastase — Emulsine.
- Synaptase, etc.

5e FAMILLE

Substances fournissant du sucre dans leurs produits de dédoublement.

- Chondrine.
- Chitine (et peut-être la Cérébrine et la Lécithine).

Tout en reconnaissant la valeur d'une semblable classification, nous ne croyons pas manquer de méthode en n'étudiant pas un groupe distinct de matières albuminoïdes pris dans ce tableau ; car les caractères qui ont servi de base à cette division ne nous paraissent pas assez tranchés pour faire loi.

Nous plaçant surtout au point de vue Clinique et Physiologique, nous nous proposons, sous le titre d'*Étude comparative des différentes espèces d'Albumine animale*, d'étudier en détail les différentes variétés d'albumine que l'on est susceptible de trouver dans les liquides animaux et d'établir leur distinction. Au nombre de ces matières nous comprendrons : l'*Albumine de l'œuf, du sérum*, la *Caséine*, la *Fibrine* et les différentes matières albumineuses auxquelles on attribue sa formation, c'est-à-dire la *Métaglobuline* et la *Paraglobuline ;* nous terminerons enfin par la *Globuline* de Denis, la *Syntonine*, la *Musculine* et quelques espèces encore mal définies ; je veux parler de la *Métalbumine*, de la *Paralbumine* et de l'*Hydropisine*.

Après avoir fait l'historique de ces différents corps, nous étudierons chacun d'eux en particulier au point de vue de ses propriétés physiques et chimiques ; et, après avoir décrit les différents moyens à employer pour les caractériser et les doser, nous donnerons un aperçu général des théories émises sur leur constitution chimique ; nous terminerons enfin par quelques considérations physiologiques.

Mais, avant d'entreprendre ce travail, qu'il me soit permis de témoigner ma reconnaissance à M. Baudrimont, professeur de cette Ecole, qui par ses préceptes méthodiques a su m'inspirer le goût de l'étude ; à M. Bourgoin, mon Chef dans les hôpitaux, près de qui j'ai trouvé pendant le cours de mon internat tous les moyens de travail que peut fournir

un service hospitalier dirigé par un savant ; enfin à M. le Dr Méhu, pharmacien en chef de l'hôpital Necker, dont les conseils ne m'ont jamais fait défaut et qui a mis gracieusement à ma disposition une traduction inédite de F. Hoppe-Seyler (*Handbuch der Physiologisch und Pathologisch Chemischen Analyse*).

Il ne me reste plus maintenant qu'à demander l'indulgence de mes juges sur ce premier travail, qui se ressentira sans doute de mon inexpérience.

HISTORIQUE

Les chimistes des XVIIe et XVIIIe siècles avaient fait de grands efforts pour distinguer les caractères et les propriétés des substances organiques, et leurs recherches avaient déjà fait connaître que les animaux sont plus voisins des plantes par la nature de leurs principes que les plantes ne le sont des minéraux.

En 1732 Boerhaave aperçut la grande analogie qui existe entre les composés animaux et végétaux. Ce fut alors que prit naissance cette grande idée que Fourcroy formula avec netteté en 1800 et qu'il développa longuement dans son *Système des connaissances chimiques* : « Les organes des « animaux ainsi que les végétaux, dit-il, sont des instru- « ments chimiques ; les premiers unissent entre eux un plus « grand nombre de principes, pourvu qu'ils agissent sur des « composés au moins ternaires formés déjà dans le tissu « organique des plantes, car la matière minérale ne peut « se changer en substance animale dans le corps des ani- « maux. »

Dans l'histoire de l'Académie des Sciences de Paris de 1732, Geoffroy signale nettement la matière caséeuse du lait qui avant lui avait été étudiée à l'état de fromage, c'est-à-dire mélangée de globules graisseux.

Rouelle (1), en 1771, établit une distinction entre l'albumine et la fibrine qu'il décrit sous le nom de *matière fibreuse du sang*, tandis qu'il désigne l'albumine sous le nom de *lymphe animale*. Il reconnaît en même temps au sang la propriété de rester liquide quand on le reçoit dans un vase plongé dans un mélange réfrigérant.

Dès 1771 nous voyons donc trois espèces d'albumine caractérisées : 1° la *Caséine*, sous le nom de *matière caséeuse* ; 2° l'*Albumine*, sous le nom de *lymphe animale* ; 3° la *Fibrine*, sous celui de *matière fibreuse du sang*.

En 1775 Scheele démontra que ces matières étaient unies à une certaine quantité de phosphates, et ses expériences furent confirmées par Berthollet en 1777, et par Fourcroy en 1801.

A la même époque (1777), l'analyse avait permis à Berthollet de reconnaître que ces corps contenaient du Carbone, de l'Hydrogène, de l'Oxygène, et de l'Azote auquel on attribua l'altérabilité de ces composés. La chimie entrait à peine dans l'ère nouvelle que venait de lui ouvrir Lavoisier en établissant la notion des corps simples, que déjà cette théorie était appliquée à l'analyse des substances organiques.

Dans un résumé général des travaux faits sur l'analyse animale (1801), Fourcroy confirme l'analyse de Berthollet et montre que l'albumine, la caséine et la fibrine sont des composés quaternaires, formés par l'union du carbone, de l'oxygène, de l'hydrogène et de l'azote, auxquels sont associés en proportion très-variable le soufre, le phosphore, ou la chaux, la magnésie et la soude. La quantité d'azote et

(1) Rouelle, *Journ. de méd. de Vandermond*. — Paris, 1771-73-76.

d'hydrogène y étant très-abondante, proportionnellement aux autres corps, ils fournissent de l'ammoniaque par leur décomposition.

La Fibrine fut très-bien étudiée par Bucquet (1) (1778), qui l'appela partie fibreuse du sang. En 1790 Fourcroy et Vauquelin (2) ayant soumis à l'analyse le lait de différentes espèces d'animaux, n'y trouvèrent pas une matière caséeuse identique.

Ainsi celle du lait de vache et de chèvre était ferme et comme gélatineuse, celle du lait de brebis visqueuse, et celle de femme, sans consistance.

Les propriétés physico-chimiques de cette matière, qui avaient été négligées jusqu'alors, furent étudiées en 1790 par Deyeux et Parmentier (3). Ils la comparèrent au gluten du froment, reconnurent sa solubilité dans les acides affaiblis et dans les alcalis caustiques. Le dégagement d'ammoniaque qui a lieu lorsqu'on opère à chaud avec ces derniers réactifs n'échappa pas à ces observateurs, pas plus que le dégagement de gaz hépatique, quand on sature la dissolution alcaline par un acide. Ils ne purent cependant en retirer du soufre comme on en retire de l'albumine de l'œuf.

A cette époque Fordyce (4) avait déjà trouvé de la lymphe coagulable dans l'urine, et Fourcroy (5) avait montré que le gluten et le glutineux trouvés par Beccari dans les plantes présentaient une grande analogie avec les ma-

---

(1) *Dict. de Ch.* de Macquer, 1778, t. ii, p. 345.

(2) Fourcroy et Vauquelin, *Ann. de Chim.*, 1790, t. vi, p. 195

(3) Parmentier et Deyeux, *Ann. de Chim.*, 1790, t. vi, p. 183.

(4) Fordyce, *Elém. de Pathologie.* Londres, 1768.

(5) Fourcroy. — *Ann. de Chim.* — 1789, t. iii, p. 259.

tières animales, puisqu'ils fournissaient comme elle de l'ammoniaque.

De plus, il annonça la présence dans les extraits végétaux liquides et dans l'eau de lavage de la pâte de blé, d'une matière coagulable par la chaleur et présentant tous les caractères de la lymphe coagulable. — Voici donc deux substances contenues dans le froment, l'une le gluten analogue à la partie fibreuse des muscles, l'autre semblable à l'albumine qui existe dans les liquides animaux.

Ainsi, à l'époque où le physiologiste et l'anatomiste démontraient de véritables rapports de structure et de fonction entre les végétaux et les animaux, la chimie trouvait de l'analogie dans la nature des matériaux qui composent ces deux classes d'êtres et confirmait leur association en un seul règne, le règne organique ou organisé.

Gmelin de son côté (1789), distingue la partie coagulable du sang de la partie fibreuse et lui reconnaît des propriétés semblables à celles du blanc d'œuf. Trois ans après (1792), Fourcroy (1) crée le mot albumine que l'on trouve pour la première fois dans son Système de Chimie, et en 1795, il donne dans son encyclopédie le nom de Fibrine aux fibres des muscles et du sang.

Il distingue la fibrine de la gélatine et de l'albumine en ce qu'elle est élastique et soluble dans les acides les plus faibles, et il reconnaît au tannin la propriété de précipiter l'albumine en dissolution dans les liquides et de la rendre imputrescible.

A partir de cette époque, un grand nombre d'observateurs

---

(1) Fourcroy, *Syst. de Ch.*, an IX, t. IX, p. 159 et *Encycl. méthod.*, t. IV, p. 383.

rencontrent ces deux corps seuls ou associés dans les différents liquides de l'économie.

En étudiant l'action des acides sur les matières animales et sur le sérum en particulier (1), Fourcroy reconnut, après Berthollet (2), qu'on obtient de l'acide prussique en traitant ces matières à feu nu ou par l'acide azotique.

Ce phénomène de décomposition permit d'expliquer le fait observé par Diesbach de Berlin, qui, ayant emprunté à Dippel de l'alcali qui avait servi à rectifier des huiles animales empyreumatiques obtenues par l'action du feu, obtint par hasard un très-beau bleu (bleu de Prusse), en précipitant une solution contenant du vitriol vert.

Ces quelques caractères qui résument à peu près les propriétés générales des corps qui nous occupent étaient, comme nous le voyons, connus à la fin du siècle dernier. Si les différences entre les espèces *Fibrine, Albumine, Caséum* n'ont pas été mieux établies, il faut en accuser l'état d'imperfection dans lequel la science se trouvait alors et se souvenir qu'à ce moment on commençait à peine à séparer les corps cristallisables en espèces distinctes.

Le caséum qui n'avait encore été trouvé que dans le lait, fut caractérisé par Braconnot, qui lui reconnut la propriété de ne point précipiter par l'acide phosphorique et le ferrocyanure de potassium employés séparément, mais par le mélange de ces deux corps. Il fut mentionné à la même époque (1830), par Blondeau, Lutrand et Pétroz, dans les urines, et il porta définitivement le nom de *Caséine* que lui avait donné Hunefeld, à la suite du travail de Dumas et Cahours sur les matières azotées (3).

---

(1) Fourcroy, *Ann. de Chim.*, 1790, t. vi, p. 180.

(2) Berthollet, *Ann. de Chim.*, 1789, t. i, p. 30.

(3) Dumas et Cahours. — *Comptes rendus.* — 1842, t. xv, p. 983.

Avant de terminer cet exposé historique, il nous reste à parler de deux corps : l'*Albuminose* et la *Globuline* dont les réactions se rapprochent beaucoup de la caséine, mais qui en sont distincts.

Le nom d'*albuminose* a été créé par Bouchardat pour désigner un produit qu'on obtient artificiellement de la fibrine, de l'albumine et de la caséine. M. Mialhe (1) l'a employé pour désigner une matière albuminoïde qu'il considère comme le produit ultime de la transformation digestive des matières albuminoïdes et qui aujourd'hui est connue sous le nom de *Peptone*. Cette matière est certainement celle que Tiedemann (2) et Gmelin ont trouvée dans l'intestin grêle d'animaux nourris de fibrine, de fromage, et qu'ils ont décrite sous le nom de caséine. Il est même probable que la caséine du sang de Huenefeld, de Gmelin, de Marchand, de Dumas et Cahours (3), n'est autre chose que cette albuminose.

Sous le nom de *Globuline,* Berzelius (4) décrit une matière albumineuse très-voisine de la caséine dont elle diffère par sa coagulation à une température de 93°. C'est la matière albumineuse impure des globules du sang.

Par cet aperçu général nous voyons dès le XVIIIe siècle, l'albumine, la fibrine et la caséine reconnues comme substances distinctes, leur analyse élémentaire faite, et certains produits de leur décomposition connus. Depuis ce temps, le nombre des observateurs qui se sont livrés à l'étude des liquides organiques est immense ; aussi, nous n'entre-

---

(1) Mialhe, *Comptes rendus*, 1846 ; t. XXIII, p. 260.

(2) Tiedemann, *Recherches, expér. sur la digest.*, 1827 ; t. I, p. 369.

(3) Dumas et Cahours, *Comptes rendus*, 1842 ; t. XV, p. 993.

(4) Berzelius, *Lehrb. d. chem.*, 3e édit. ; t. IX, p. 70-528.

prendrons pas la tâche ardue de faire l'historique de leurs nombreux travaux, nous nous contenterons, dans ce qui va suivre, de relater pour chacune des matières complexes que nous avons citées dans notre avant-propos, les faits qui semblent acquis à la science.

PREMIÈRE PARTIE

ÉTUDE PARTICULIÈRE DE CHAQUE ESPÈCE D'ALBUMINE

Les différentes variétés d'albumine qui nous occupent se comportent à peu près de la même manière sous l'influence des agents de transformation; aussi, pour éviter des redites continuelles, nous ferons dans un chapitre spécial à la fin de cette partie un examen d'ensemble sur les modifications qu'elles éprouvent de la part des forces physico-chimiques auxquelles on peut les soumettre.

CHAPITRE PREMIER

ALBUMINE DE L'ŒUF

Le blanc d'œuf est un mucus sécrété par les glandes de l'oviducte des oiseaux. Il se compose de cellules minces, larges et transparentes (1), renfermant un liquide incolore ou légèrement jaunâtre, d'une réaction franchement

(1) Valenciennes et Frémy, *Ann. d. Ch.* (3); t. L, p. 129.

alcaline. Battue avec de l'eau, l'albumine se dissout et les cellules se déposent sous forme de pellicules. Une semblable opération s'effectue dans le blanc d'œuf par l'effet prolongé d'un grand froid.

La solution aqueuse évaporée dans une capsule de platine à une température fixe de 100° donne la richesse en albumine du liquide qui a fourni la matière albumineuse. Le résidu est de l'albumine brute contenant 6,5 °/₀ de son poids de sels (chlorure de sodium, phosphates, carbonates), et des traces de matières grasses et extractives.

§ 1er. — **Préparation.**

Pour obtenir l'albumine privée de sels, deux procédés sont mis en pratique :

1° **La dialyse.** — On délaie le blanc d'œuf dans un volume d'eau égal au sien et on le passe à travers une toile. Le liquide recueilli est filtré dans une atmosphère d'acide carbonique et placé ensuite dans un dialyseur en papier parchemin. Cet appareil doit plonger dans de l'eau distillée que l'on renouvelle toutes les six heures. Quand il ne passe plus de sels dans l'eau, on verse le contenu du dialyseur dans une capsule de porcelaine et on évapore à siccité dans le vide ou au bain-marie à une température de 40°.

Ainsi préparée, l'albumine retient toujours une quantité notable de sels et, si on la laisse longtemps sur le dialyseur, il peut s'y développer beaucoup d'infusoires.

Graham (1) modifie légèrement ce procédé en ajoutant

(1) Graham. — *Philosop. trans. of the Royal Society of London* — 1861 — p. 183.

de l'acide acétique à la solution d'albumine avant de la soumettre à la dialyse. Les sels terreux sont plus rapidement éliminés, et en trois ou quatre jours on obtient de l'albumine ne laissant pas traces de cendres après incinération. Elle retient du soufre de constitution, possède une réaction acide, et coagule le lait sous l'influence de la chaleur.

2° **Procédé Wurtz** (1). — On passe à travers un linge une solution de blanc d'œuf dans deux fois son volume d'eau et on traite le liquide obtenu par du sous-acétate de plomb que l'on a soin de ne pas ajouter en excès. Le précipité qui se forme (albuminat de plomb) est recueilli sur un filtre et lavé aussi exactement que possible à l'eau distillée. On le délaie ensuite dans une grande quantité d'eau pure, puis on le décompose par un courant d'acide carbonique et on filtre. — La liqueur claire retient encore une petite quantité de plomb ; on la débarrasse de ce métal en la portant à 60° après y avoir ajouté quelques gouttes d'une solution d'hydrogène sulfuré. Les premiers flocons d'albumine entraînent le sulfure de plomb ; on filtre et on évapore à 50° dans de larges capsules. — Le résidu constitue *l'albumine soluble de Wurtz*. Desséchée, elle est presque incolore ; incinérée, elle laisse un résidu insignifiant, neutre au tournesol, dans lequel il est impossible de trouver trace de phosphate de chaux et de carbonate de soude. Mise en contact avec de l'eau et abandonnée dans un endroit chaud, elle se dissout en laissant un résidu provenant sans doute de quelque changement dans sa constitution. — Sa solution

(1) Wurtz. — *Ann. de Ch. et de Phys.* (3) t. XII, p. 217.

aqueuse est acide au tournesol (1); si on l'additionne de carbonate de soude, il y a combinaison et dégagement d'acide carbonique. — En ajoutant de l'éther à une solution concentrée de cette albumine, on obtient un magma gélatineux qui se redissout dans l'eau si celle-ci est ajoutée immédiatement; mais si on attend que la coagulation se manifeste, l'eau ne redissout plus rien.

Elle est excessivement peu dialysable même après avoir été additionnée d'un alcali.

Les autres propriétés de cette albumine se confondent sensiblement avec celles de l'albumine impure; sa composition centésimale a été trouvée à peu près identique comme le prouve le tableau suivant. Ainsi tombe la théorie de Scherer (2) qui pensait que l'albumine ne devait sa solubilité dans l'eau qu'aux matériaux inorganiques qui l'accompagnent toujours.

NOM DES SUBSTANCES	C	H	Az	S	AUTEURS.
Blanc d'œuf.	53.4	7	15.7	0.4	MULDER.
Blanc d'œuf.	54.3	7.1	15.7		SCHERER.
Blanc d'œuf.	53.1	7.1	15.8		DUMAS ET CAHOURS.
Bl. d'œuf soluble desséché à 140°.	52.9	7.2	15.6		WURTZ.
Blanc d'œuf coagulé desséché à 140°.	52.9	7.2	15.8	0.72 (*Rulling*)	WURTZ.
Albumine épuisée par l'alcool, l'éther.	53.05	7.1	15.8	1.55	WEIDENSBUSCH.
Blanc d'œuf desséché à 130°.	53.5	7.	15.6	1.8	LIEBERKÜHN.

(1) M. WURTZ prétend ne pas avoir pu y constater la présence de l'acide acétique.

(2) SCHERER. — *Ann. d. Ch. und Pharm.* t. IX, p. 2.

§ 2. — **Propriétés physiques.**

Les solutions de blanc d'œuf sont fluorescentes et légèrement alcalines ; elles possèdent une odeur fade particulière et n'ont pas de saveur. Elles sont visqueuses quand elles sont concentrées et moussent beaucoup par l'agitation.

Mouvement. — Une violente agitation à l'air libre ou dans le vide y détermine la formation de parcelles membraneuses ; le même phénomène se reproduit quand on y fait barboter des gaz inertes. — Les filaments qui se forment sous l'influence d'un courant prolongé d'acide carbonique ne se dissolvent pas facilement dans les alcalis et dans les acides.

Chaleur. — Soumise à une température inférieure à 50° l'albumine perd une partie de son eau de constitution et finit par former une masse transparente légèrement jaunâtre, sans odeur ni saveur, qui peut, ainsi que l'a reconnu Chevreul (1), être portée ensuite à 100° et même à 150° sans perdre la propriété de se dissoudre dans l'eau pure. Mais, si on soumet la solution albumineuse à une température supérieure à 50°, on voit apparaître un léger trouble à 59°, des flocons à 61° et à 63° et, quand le thermomètre marque 75°, la coagulation est complète. — Les acides et les sels qui ne possèdent pas une réaction alcaline abaissent la température de coagulation ; les sels alcalins au contraire l'élèvent.

---

(1) Chevreul, *Ann. de Ch. et de Phys.*, t. xix, p. 41.

D'après Gautier (1), l'albumine de l'œuf contiendrait deux albumines qui seraient dans la proportion de 1 : 5; la première serait coagulable à 63°, la deuxième à 74°.

Dans les recherches qu'ils ont faites sur la composition des œufs, MM. Valenciennes et Fremy (2) ont observé que l'albumine se modifiait en vieillissant, et que tout en conservant une composition constante dans tous les ordres d'oiseaux considérés, elle n'avait pas toujours des propriétés identiques. Ainsi, généralisant leurs résultats, ils ont trouvé l'albumine des Gallinacées coagulable tandis que celle des Oiseaux de proie et des Grimpeurs ne l'était pas; et ils n'ont pas pu coaguler celle des Palmipèdes et des Échassiers après l'avoir étendue de 3 fois son volume d'eau.

Lumière. — L'albumine dévie à gauche les rayons de lumière polarisée.

Bouchardat (3) a trouvé cette déviation = à —35°5 pour les rayons jaunes moyens. L'élévation de la température et l'addition d'un acide organique augmentent son pouvoir rotatoire ; l'acide carbonique seul fait exception. Commaille a trouvé — 47° dans la potasse et 58°5 en opérant sur une solution alcaline d'albumine coagulée.

Les deux albumines trouvées par Gautier dans le blanc d'œuf posséderaient d'après lui un pouvoir rotatoire différent : la première dévierait à gauche de — 43°, la deuxième de — 26°. Il donne ce dernier chiffre sous toutes réserves.

Les deux albumines et la zymose de Béchamp (4) auraient, d'après lui, le pouvoir rotatoire suivant :

---

(1) Gautier, *Bull. de la Soc. ch.*, t. xiv, p. 177.

(2) Valenciennes et Fremy, *Ann. de Ch. et de Phys.*, t. l, p. 129.

(3) Bouchardat, *Compt. rend.*, t. xiv, p. 962.

(4) Béchamp, *Compt. rend.*, t. lxxvii, p. 1525.

Albumine soluble de Wurtz.	(aj) = — 33°1	en solution dans	l'eau.
» » »	(aj) = — 32°7	» »	l'acide acétique.
» » »	(aj) = — 34°7	» »	le carbonate de soude
Autre albumine soluble. . .	(aj) = — 53°6	» »	l'eau.
Zymose.	(aj) = — 70°8	» »	l'eau.

Un mélange d'albumine et d'une solution étendue de bichromate de potasse soumis à l'influence de la lumière devient insoluble. Ce fait, remarqué la première fois par Poitevin en 1861, est devenu le point de départ d'une industrie florissante connue sous le nom de photographie sur émail.

Électricité. — On sait depuis longtemps déjà, que le courant électrique retarde la putréfaction des solutions albumineuses et qu'il y détermine la production de filaments. On a cru pendant longtemps que ces filaments se formaient seulement au pôle positif, et que l'électrolysation du chlorure de sodium que l'albumine contient toujours en assez grande quantité était la cause de leur formation.

Morin (1), assimilant l'électrolyse de l'albumine à celle d'un sel, prétend que l'on peut trouver ces filaments aux deux pôles, suivant le rôle chimique que remplit l'albumine dans la solution albumineuse sur laquelle on opère.

Osmose. — L'albumine est de tous les colloïdes celui qui a le plus grand pouvoir d'endosmose, c'est-à-dire que c'est la substance dont le pouvoir diffusif est le plus petit. Pour en donner une idée, nous dirons qu'elle est 2 fois et demi moins diffusible que la gomme et 1000 fois moins que le sel marin. — Une couche mince d'albumine coagulée empêche complétement la diffusion de l'albumine liquide.

---

(1) Morin, *Bull. Soc. Chim.*, 1861, p. 105.

§ 3. — **Propriétés chimiques.**

Action des matières organiques. — L'albumine purifiée aussi bien que celle qui ne l'a pas été est, nous l'avons vu, soluble dans l'eau. Elle est précipitée de sa solution aqueuse par *l'alcool fort* qui la change en *albumine coagulée*. L'alcool faible précipite également l'albumine, mais le précipité se redissout dans l'eau. Si on ajoute de l'alcool à une solution d'albumine un peu diluée, de manière à la rendre légèrement opaline, la liqueur se prend en gelée au bout de quelque temps. Cette gelée se liquéfie de nouveau par la chaleur. — Un excès d'alcali peut empêcher la précipitation de l'albumine par l'alcool ; une faible acidité au contraire la favorise.

Éther. — Il précipite imparfaitement les solutions aqueuses d'albumine ; une petite quantité seulement se coagule tandis que la plus grande partie conserve l'état soluble. Si la liqueur est très-albumineuse, elle s'épaissit au point de paraître coagulée. L'éther agit aussi comme agent conservateur : du sérum du sang mis en contact avec de l'éther a pu être conservé pendant trois ans sans présenter aucun changement dans ses propriétés (1).

Chloral. — Du chloral anhydre versé dans une solution d'albumine au 1/5e y détermine un précipité abondant ; mais la chaleur devient nécessaire pour précipiter complétement l'albumine si l'on emploie une solution contenant 10 °/₀ de chloral hydraté. Le précipité formé desséché à 100° contient jusqu'à 12,56 °/₀ de chloral (Personne) ; il est imputrescible et n'est pas décomposé par l'eau

(1) Méhu, *Communication orale.*

bouillante. — L'alcool lui enlève complétement le chloral, en détruisant la combinaison d'abord formée.

La *créosote*, l'*acide phénique*, l'*aniline* coagulent l'albumine.

Le *tannin* la précipite complétement.

La *présure* ne produit aucun effet sur l'albumine.

La *dextrine*, préparée au moyen de l'acide sulfurique ou de la diastase, possède la propriété de précipiter les solutions albumineuses acidulées par un acide minéral. — Le précipité est insoluble dans un excès de dextrine et d'acide. — L'*arabine* agit de même, mais le précipité est soluble dans un excès.

Action des alcalis, des carbonates alcalins et des bases. — Les solutions albumineuses alcalines ne se coagulent pas en flocons sous l'influence de la chaleur. Elles forment une masse gélatineuse difficile à filtrer, et la précipitation est incomplète, une partie de la matière azotée restant en solution à la faveur de l'alcali. — Quand le liquide alcalinisé est étendu, la chaleur y détermine un léger trouble, et si on l'évapore au contact de l'air, il se recouvre de pellicules semblables à celles qui se forment en pareille circonstance dans des solutions de caséine. Scherer leur a trouvé la même composition.

Une solution concentrée de potasse ou de soude versée dans l'eau albumineuse, y détermine un dépôt gélatineux insoluble dans l'eau froide, qu'on peut laver pour le débarrasser d'un excès d'alcali. Le résidu est soluble dans l'eau et l'alcool bouillant. — Les acides séparent de ces dissolutions alcalines de l'albumine coagulée.

Cette action des alcalis caustiques est accompagnée d'un changement dans le pouvoir rotatoire; la déviation aug-

mente si l'action n'a pas été trop longue; elle diminue dans le cas contraire. — *Les carbonates alcalins* agissent à peu près de la même manière.

D'après Wurtz, l'albumine soluble purifiée, mise à digérer à une douce chaleur avec du carbonate de soude, se combine avec la soude, en déplaçant l'acide carbonique. En effet, recueillie et lavée, elle est neutre au tournesol et laisse un résidu alcalin à la calcination.

La Baryte, la Strontiane et la Chaux forment avec l'albumine des composés insolubles qui durcissent par la dessiccation. Cette propriété est mise à profit dans les laboratoires pour la préparation de certains luts.

L'albumine dissout les oxydes de fer, de cuivre, de mercure. Berzélius (1), qui lui a reconnu cette propriété, va même jusqu'à attribuer aux matières albuminoïdes la présence du mercure dans le sang des syphilitiques soumis au traitement mercuriel. L'oxyde noir de fer se dissout assez facilement dans l'albumine avec laquelle il forme une solution verte. Cette combinaison est détruite par les acides.

Action des acides. — L'action des acides peut varier suivant que l'albumine a été dissoute dans l'eau distillée ou que la solution a été additionnée de sels. — De là cette division rationnelle :

A. — *Action des acides sur des solutions aqueuses d'albumine.*

B. — *Action des acides sur des solutions albumineuses salines.*

Considérés au point de vue de leur action sur des solu-

---

(1) Berzélius, *Ann. de Chimie* ([1]), t. LXXXVIII, p. 26.

tions aqueuses d'albumine, les acides peuvent se partager en deux groupes :

(a). — *Acides qui ne précipitent pas directement les solutions froides d'albumine.* Dans ce groupe rentrent tous les acides organiques : *acétique, tartrique, citrique,* etc.... à l'exception du *phénol* et des corps semblables. L'acide *phosphorique tribasique* en fait aussi partie.

(b). — *Acides qui la précipitent directement à froid de ses solutions aqueuses;* groupe dans *lequel se trouvent tous les acides minéraux.*

Aa. — Tous les acides du premier groupe ne donnent pas de précipité, mais ils produisent une gelée transparente si la solution albumineuse est suffisamment concentrée. Ils peuvent même redissoudre l'albumine coagulée par la chaleur. — Si la température n'est pas élevée, si les acides employés ne sont pas concentrés et si la réaction n'a pas duré trop longtemps, on peut en les neutralisant attentivement avec de l'ammoniaque retrouver une solution albumineuse qui n'a pas subi de modification. En se plaçant dans des conditions tout à fait contraires, c'est-à-dire en élevant la température, etc., l'albumine se transforme en une autre matière albumineuse qui paraît être de la syntonine. La liqueur prend alors un aspect opalescent et le pouvoir rotatoire augmente. — L'*acide phosphorique* agit de même. Nous avons précédemment parlé de la réaction de l'*acide carbonique.* — L'*acide acétique* ajouté avec attention à une solution étendue d'albumine donne un précipité soluble dans le chlorure de sodium. Ce fait avait porté Denis à admettre que l'albumine de l'œuf n'est tenue en dissolution que par l'alcali et le sel marin qu'elle contient toujours en assez grande quantité. Cette manière de voir n'est pas justifiée par les faits que nous connaissons déjà,

mais, ce qui reste établi, c'est que la solution d'albumine se précipite partiellement par l'acide acétique étendu. *L'acide acétique concentré* ajouté brusquement et en grande quantité produit un trouble immédiat dans une solution d'albumine ; il se forme même un précipité que l'on observe d'autant plus rapidement que la quantité d'acide ajouté a été plus considérable.

B. a. — Les dissolutions albumineuses saturées de sels sont précipitées par ces mêmes acides, et il arrive souvent que le précipité formé est insoluble dans un excès de l'acide précipitant : tel est le cas de l'acide acétique vis-à-vis du sulfate de soude. — L'acide phosphorique agit de même excepté dans des solutions saturées de borates, phosphates et acétates alcalins. — Un excès d'acide redissout le précipité formé. — Un précipité formé par l'acide acétique et redissous par l'acide phosphorique peut être reprécipité par l'acide acétique de sa dissolution phosphorique. — Les précipités formés par l'acide acétique dans l'albumine saturée de sels sont généralement insolubles dans l'alcool, l'éther, les huiles, l'eau froide, chaude, l'ammoniaque à chaud, à froid, et la potasse froide.

A. b. — La plupart des acides minéraux précipitent l'albumine de sa solution aqueuse. Au nombre de ces acides nous pouvons citer les acides nitrique, sulfurique, chlorhydrique, métaphosphorique, etc...

Acide sulfurique. — L'acide sulfurique concentré précipite les solutions albumineuses. En solution étendue, ce même acide ne laisse se former qu'une pellicule celluleuse enveloppant une solution limpide d'albumine qui, additionnée d'une nouvelle quantité d'acide étendu, peut au bout de vingt-quatre heures laisser déposer un précipité assez abondant. Les précipités obtenus dans ces deux cas retien-

nent une notable quantité d'acide sulfurique que les lavages enlèvent complétement (1). Ces faits démontrent assez clairement que l'on n'a pas affaire à une combinaison, ainsi que l'avait prétendu Berzélius (2), mais que la précipitation est occasionnée par le dégagement de chaleur produit par le mélange d'acide sulfurique et d'eau et par le peu de solubilité de l'albumine dans cet acide. — Additionné d'acide molybdique, l'acide sulfurique donne avec l'albumine une coloration bleue que certains corps empêchent de se produire ; le fluorure de calcium est de ce nombre (Froehde).

Acide azotique. — C'est l'agent précipitant le plus énergique, mais il faut une certaine quantité de cet acide pour que la précipitation ait lieu. Le précipité d'abord blanc jaunit peu à peu ; il finit par se changer en *acide xanthoprotéique*, si l'on a recours à la chaleur ou si l'on a employé un acide un peu concentré. Le précipité blanc qui s'est d'abord formé est soluble dans l'acide acétique : soumis à des lavages répétés, il arrive à prendre l'aspect d'empois et ne se dépose plus. Il devient même assez soluble dans l'eau, mais il se précipite en flocons jaunâtres si l'on ajoute un excès d'acide. Si l'eau qui surnage le précipité est peu acidifiée par l'acide azotique, la liqueur ne tarde pas à se recouvrir de moisissures et elle s'altère rapidement.

La précipitation de l'albumine par l'acide azotique n'est pas due à une combinaison comme on l'a cru pendant longtemps. La solution aqueuse de cet acide possède une action purement physique analogue à celle de l'alcool, de l'acide phénique, etc... ; et la manière dont il se comporte vis-à-

(1) Hruschauer, *Ann. der Ch. und Phar.* T. XLVI, p. 348.

(2) Berzelius, *Traité de chimie.* T. IX, p. 38.

vis de l'albumine soluble de Wurtz (1) exempte de phosphates, anéantit complétement l'hypothèse que l'on avait faite en attribuant à l'acide phosphorique mis en liberté par l'action de l'acide azotique sur les phosphates, la propriété de redissoudre le précipité formé par ce dernier acide ajouté en quantité insuffisante. — Il n'en est pas moins vrai que l'albumine est difficilement précipitée par l'acide azotique en présence de l'acide phosphorique et des phosphates acides. — Il est difficile, on le voit, d'avoir un précipité toujours identique; mais tous les précipités formés par l'acide azotique dans les solutions albumineuses sont tous légèrement solubles dans l'eau.

Acide chlorhydrique. — L'acide chlorhydrique concentré précipite l'albumine de l'œuf; soumis à des lavages répétés, ce précipité finit par se dissoudre complétement, et si on le traite à chaud par l'acide chlorhydrique concentré, il donne une coloration bleue ou violette qui brunit au contact de l'air. — Une solution d'albumine peut être acidulée assez fortement par l'acide chlorhydrique sans qu'il y ait coagulation; mais son pouvoir rotatoire augmente, il s'élève à — 37°7 pour la lumière jaune. Une plus grande quantité d'acide chlorhydrique détermine un trouble blanc, puis un précipité floconneux, espèce de combinaison d'albumine et d'acide chlorhydrique, très-peu soluble ou insoluble dans les solutions de sel marin, se dissolvant lentement dans l'acide chlorhydrique concentré en laissant un trouble persistant. Ce composé est à peine soluble dans l'acide chlorhydrique étendu.

---

(1) Une faible quantité d'acide azotique ne donne pas de précipité avec cette albumine. La précipitation n'a lieu qu'en présence d'une solution acide assez riche.

Si on traite de l'albumine de l'œuf, précipitée par l'alcool, par une solution d'acide chlorhydrique au 1/5e et si l'on chauffe pendant trois heures dans une cornue remplie d'acide carbonique, le mélange se divise en deux parties : 1° une solution acide ne contenant ni leucine ni tyrosine, mais un acide particulier et du chlorhydrate d'ammoniaque ; 2° un produit gélatineux insoluble dans la liqueur acide, soluble dans l'eau, précipitant par tous les sels des métaux lourds, se prenant en gelée par le ferricyanure de potassium et ne précipitant pas par le ferrocyanure (1).

Acide métaphosphorique. — C'est le seul acide phosphorique qui précipite l'albumine. Cette découverte faite par Berzelius, en 1827 (2), lui fit supposer l'existence de plusieurs variétés d'acide phosphorique ne différant que par de l'eau de combinaison. Cette idée profonde tirée d'observations rigoureuses, qui a été confirmée par Graham, a peut-être été le point de départ des remarquables travaux de ce dernier sur la basicité des acides phosphoriques.

Acide borique. — Son action peut être comparée à celle de l'acide carbonique ; il ne fournit pas de syntonine (Brucke).

B. b. — L'addition d'un sel favorise la précipitation de l'albumine par les acides.

Par ce qui précède, nous voyons que ce groupe d'acides précipite l'albumine sans former de combinaison. L'acide arsénieux lui-même peut être enlevé à l'albumine coagulée, par des lavages suffisants.

Action des sels. — D'après leur action sur l'albumine

(1) Lorenz Mayer, *Bull. soc. chim.*, 1859, p. 155.

(2) Berzelius, *Annalen der Physik.*, 1827.

les sels peuvent être divisés en plusieurs classes. Nous avons étudié l'action des sels alcalins possédant une réaction alcaline ; nous n'y reviendrons pas. Remarquons seulement que ces sels sont généralement formés par les acides du 1er groupe. — Les sels alcalins formés par les acides du 2e groupe ne précipitent pas l'albumine, mais ils la rendent plus facilement précipitable par les acides. On peut admettre que dans ce cas l'acide ajouté se partage la base avec l'acide coagulant.

Certains d'entre eux font exception ; le bi-chromate de potasse nous en offre un exemple.

Les sels des métaux alcalino-terreux à acides du premier groupe ne précipitent pas l'albumine à moins qu'elle ne soit en solution alcaline. Il se forme au contraire un précipité assez abondant si le sel est formé avec un acide du 2e groupe. — Cette règle n'est pas générale, car nous voyons le sulfate de magnésie s'y soustraire.

Les sels des métaux lourds sont tous précipités, mais leur précipitation est plus ou moins complète ; elle varie avec la nature du métal, de l'acide combiné, et avec le degré de basicité du sel. — Nous pourrions établir une division semblable à celle que nous avons donnée pour les sels alcalins et alcalino-terreux ; mais, les exceptions devenant plus nombreuses, il est préférable d'étudier en particulier l'action de chacun de ces sels.

Les sels de zinc précipitent l'albumine de ses solutions alcalines ; le précipité desséché forme une poudre jaunâtre insoluble dans l'eau et l'alcool.

Les sels de fer précipitent également l'albumine. L'acétate ferrique constitue un excellent réactif pour enlever l'albumine à une solution albumineuse.

Les sels de cuivre donnent dans les solutions albumineu-

ses alcalines, et dans celles qui sont légèrement acidulées un précipité vert bleuâtre soluble dans un excès de réactif. Ce précipité se dissout dans la potasse diluée en donnant une belle liqueur violette. — En ajoutant simultanément la solution cuivrique et l'alcali, le précipité se colore en bleu de plus en plus foncé aussi longtemps qu'il est soluble dans la potasse ; mais à la fin on finit par obtenir une combinaison floconneuse d'un bleu intense, qui contient de l'albumine et de l'oxyde de cuivre en très-grande quantité. Les acides en dissolvent l'oxyde et précipitent l'albumine si elle n'est pas soluble dans l'acide employé. Ritthausen (1) prétend que c'est la combinaison la plus riche en oxyde de cuivre ; il la considère comme définie.

Acétate de plomb. — A l'état neutre, ce sel précipite très-légèrement les solutions d'albumine ; mais le sous-acétate de plomb les précipite abondamment, et la précipitation est d'autant plus abondante que ce sel est plus basique. Le précipité formé est partiellement soluble dans un excès de réactif et dans un excès d'albumine.

A propos de l'action de l'acétate de plomb sur l'albumine, nous placerons ici quelques observations qui nous sont personnelles : En préparant de l'albumine soluble par le procédé de Wurtz, nous avons d'abord été frappé de la faible quantité de précipité que nous avons obtenue en traitant par de l'acétate de plomb tribasique une quantité d'albumine relativement considérable. Nous avons recueilli ce précipité, et la liqueur claire qui n'aurait dû contenir que de l'acétate neutre présentait encore l'aspect d'une

(1) Ritthausen, *Jour. fur pr. Chem.*, t. V, p. 215.

solution albumineuse. Il nous a été impossible de caractériser l'albumine par la chaleur même après addition d'acide acétique. L'acide azotique donnait dans cette liqueur un précipité d'abord blanc qui devenait jaune sous l'influence d'un excès d'acide. La liqueur contenait donc une notable quantité d'albumine. Nous l'avons divisée en deux parties : la première a été traitée par l'éther qui n'a pas tardé à rassembler une quantité notable d'albumine sous forme gélatineuse ; la deuxième, traitée à saturation par le sulfate de magnésie, a laissé filtrer une liqueur limpide, incolore, moussant par l'agitation comme toutes les solutions albumineuses, et dans laquelle la chaleur seule et tous les acides précipitaient à froid et en abondance de l'albumine dans un état de division considérable. Le chlorure de sodium *pur* fournissait lui-même un précipité semblable ; nous avons ajouté ce sel à saturation et nous avons filtré la liqueur. Le liquide clair recueilli contenait encore une matière albuminoïde qui n'existait plus ou, du moins, que nous n'avons pu mettre en évidence dans la solution magnésienne traitée par les acides et filtrée. Nous n'avons pas vérifié si le sulfate de magnésie avait entraîné de la matière albumineuse.

De ces expériences il semblerait résulter que le blanc d'œuf contient plusieurs variétés d'albumine. Nous avons dû borner là ces recherches que nous reprendrons quand nous aurons à notre disposition les éléments nécessaires pour les continuer.

Mercure. — Le bichlorure de mercure donne un précipité blanc soluble dans un excès de réactif et dans les chlorures, bromures et iodures alcalins. Il est, au contraire, très-peu soluble dans les acides faibles et surtout dans les liqueurs faiblement acidulées par l'acide chlorhydrique qui le pré-

cipite même de ses solutions salines. Melsens (1) prétend que l'albumine est précipitée par le bichlorure de mercure dans des solutions salines contenant des phosphates, borates, azotates et sulfates alcalins. Le précipité formé est souvent soluble dans un excès d'albumine saturée de sel marin. L'acide phosphorique, l'ammoniaque, la potasse dissolvent également ces précipités, mais ils se reforment par l'addition d'acide acétique. — L'albumine saturée de sel marin et de sublimé précipite par l'acide acétique; le précipité formé est insoluble dans un excès d'acide.

En traitant un poids donné de mercure par son poids d'acide azotique à 4 1/2 éq. d'eau, on obtient une solution qui, étendue de deux vol. d'eau laisse déposer des cristaux. La liqueur surnageant est un mélange d'azotate mercureux et mercurique contenant des traces d'acide azoteux. Mise en contact avec de l'albumine, cette liqueur donne naissance à une magnifique coloration rouge. Ce réactif est très-improprement connu sous le nom de réactif de Millon (2), car il a été découvert, en 1830, par Lebaillif et Lassaigne (3), qui ont étudié son action sur tous les composés organiques naturels.

Le *Cyanure de mercure* ne précipite pas l'albumine.

Le *Ferrocyanure de potassium* ne précipite pas l'albumine en solution alcaline, mais, en neutralisant la liqueur, on obtient un précipité très-abondant insoluble dans un excès d'acide.

Le *Nitrate d'argent* précipite en blanc; mais il faut se

---

(1) Melsens, *Ann. de ch. et de phys.* (3), t. XXXIII, p. 171.

(2) Millon, *Comptes rendus* 1849, t. XXVIII, p. 40.

(3) Lebaillif et Lassaigne, *Ann. de ch. et de phys.*, 1830, t. XLV, p. 433.

garder de confondre ce précipité avec celui de chlorure d'argent qui se forme en même temps (1). Le composé d'albumine et d'argent est plus facilement attaqué par le sulfocyanure d'ammonium que par l'hyposulfite de soude.

Le *Platinocyanure de potassium* agit sur l'albumine comme le ferrocyanure; il la précipite dans des solutions acides.

Nous reviendrons par la suite sur la nature des précipités formés par l'albumine avec les métaux. Ces composés étant le point de départ des essais qui ont été faits pour fixer le poids moléculaire des différentes substances albumineuses, nous reprendrons leur étude quand nous traiterons spécialement du rôle chimique des différentes espèces d'albumine.

En terminant ce chapitre nous dirons quelques mots des applications médicales, toxicologiques et pharmaceutiques de l'albumine de l'œuf.

Associée au bouillon ou au vin elle a été préconisée pour combattre certains états de faiblesse, surtout ceux qui dérivent de pertes de sang ou d'évacuations alvines; — convalescence du typhus, — dyssenterie, — atrophie des enfants qui ne supportent pas le lait;... dans la cholérine (blanc d'œuf battu avec de l'eau sucrée comme boisson, — blanc d'œuf battu avec une infusion tiède de pavot, en lavement).... dans les fièvres intermittentes; (trois bl. d'œuf délayés dans l'eau tiède administrés peu de temps avant l'accès) (Seguin). Elle est employée dans les empoisonnements par les sels minéraux (sublimé, sels de cuivre, etc.); elle agit en précipitant ces sels et en ren-

(1) Des lavages répétés enlèvent l'argent au précipité argentique. — Fuchs, *Ann. der ch. und pharm.*, t. CLI, p. 372.

dant insoluble l'agent toxique. Cet effet n'étant que momentané, le coagulum doit être rapidement expulsé par les vomissements pour éviter sa redissolution.

CHAPITRE DEUXIÈME

ALBUMINE DU SÉRUM — SÉRINE

Denis a donné le nom de sérine à la substance albumineuse qui constitue la majeure partie du résidu que laisse le sérum (1) du sang évaporé à siccité dans le vide. C'est la matière albumineuse qui reste en solution dans le sulfate de soude quand par le chlorure de sodium on en a séparé la *plasmine*, et qu'au moyen du sulfate de magnésie on en a précipité la *fibrine dissoute*.

On la trouve en abondance dans le sérum du sang qui en contient de 6,2 à 7,3 °/₀ (Becquerel et Rodier), dans la lymphe, le chyle, le sérum musculaire, etc.... Un grand nombre de liquides pathologiques en contiennent aussi des quantités assez considérables. Dans les maladies rénales, c'est généralement la seule matière albumineuse qui passe dans l'urine. Au commencement de la lactation, le lait en contient une assez grande quantité, mais plus tard la pro-

(1) La matière albumineuse contenue dans le sérum est, d'après Denis, un mélange de sérine et de fibrine dissoute, laquelle est précipitable par le sulfate de magnésie. C'est ce mélange que l'on a regardé pendant longtemps comme de l'albumine du sérum et que l'on trouve encore quelquefois décrit sous ce nom.

portion en diminue considérablement. Ainsi, le colostrum, suivant l'époque où on le recueille, peut contenir, chez la femme, de 29,81 à 80 p. 1000 d'albumine (Clemm). Le lait des adultes, sécrété hors de la période de reproduction, contient des quantités considérables d'albumine; Joly et Filhol (1) ont trouvé dans des laits de femmes adultes de 56 à 129 p. 1000 d'albumine; et dans celui de chienne la proportion s'est élevée à 232 pr 1000.

A l'état de santé, cette quantité d'albumine diminue considérablement; elle est alors en moyenne de 0,88 p. 1000 dans le lait de femme, de 5,25 à 11,80 dans celui de vache, de chèvre et d'ânesse (2). Le lait peut dans certaines maladies devenir albumineux; ce fait remarqué sur des vaches, par Girardin (3), a été désigné sous le nom d'albuminurie lactaire.

Ainsi nous voyons que la sérine (4) est la matière albumineuse la plus répandue dans l'économie animale.

Préparation. — La sérine s'obtient difficilement à l'état de pureté; le procédé suivant donne néanmoins un bon résultat : on prend le sérum du sang ou le liquide d'un hydrocèle et on y verse goutte à goutte de l'acide acétique étendu tant qu'il se forme un précipité. Les matières coagulables par l'acide acétique se trouvent ainsi précipitées. On filtre alors la liqueur et on l'évapore dans le vide ou au bain-marie, à 40°, en ayant soin de se servir d'une capsule

(1) Joly et Filhol, *Comptes rendus*, 1853; t. XXXVI, p. 572.

(2) Millon et Commaille, *Comptes rendus*, 1864; t. LIX, p. 301.

(3) Girardin, *Comptes rendus*, — 7 et 8 mars 1853.

(4) Béchamp donne le nom de *Lactalbumine* à la matière albumineuse du lait : il lui a trouvé un pouvoir rotatoire de — 64° 8, dans le carbonate de soude.

plate. Quand le liquide est réduit à un faible volume, on le neutralise exactement par le carbonate de soude et on place cette solution albumineuse dans un dialyseur. Le mode opératoire se trouve ainsi ramené à celui donné dans le chapitre précédent pour préparer l'albumine de l'œuf par dialyse.

A l'état sec la sérine, ainsi préparée, contient encore 1 °/₀ de cendres et une certaine quantité de la matière appelée par Denis *fibrine dissoute.*

Pour préparer la sérine, Denis traite le sérum par le sulfate de magnésie en poudre afin de précipiter la fibrine dissoute, et il soumet ensuite la liqueur filtrée à la dialyse.

Il donne encore le procédé suivant : Traiter le sérum du sang par le sulfate de magnésie et saturer la liqueur filtrée avec du sulfate de soude. En portant ce liquide à une température de 50°, la sérine se précipite ; on la recueille sur un filtre que l'on maintient à 50°.

La sérine est soluble dans l'eau, mais l'acide chlorhydrique la précipite de sa solution aqueuse. Ainsi obtenue, elle est insoluble dans l'eau pure et soluble dans l'eau salée.

Wurtz prétend qu'il est impossible d'obtenir avec le sérum, de l'albumine pure, en employant le procédé que nous avons décrit pour l'albumine de l'œuf. D'après Hoppe-Seyler, on obtiendrait ainsi une solution assez pure, mais trouble, de sérine.

Denis considère la sérine comme dissoute dans le sérum à la faveur de certains sels (chlorure de sodium, phosphate de soude), avec lesquels elle formerait une espèce de combinaison. Cette opinion jouit de quelque crédit en Allemagne, surtout chez ceux qui considèrent l'albumine de

Wurtz comme de l'albumine acétique. La petite quantité de cendres que laisse toujours la sérine et la transformation de cette matière albumineuse en flocons insolubles ne laissant pas de cendres appréciables, et se dissolvant facilement dans les solutions salines, les acides et les alcalis dilués, viendraient appuyer cette manière de voir (Kuhne).

Pure et desséchée, la sérine est d'un jaune-clair, cassante, vitreuse et transparente: elle est un peu hygroscopique; on peut, après sa dessication complète, la porter à une température de 100° sans qu'elle se décompose. Son pouvoir d'endosmose est plus considérable que celui de l'albumine de l'œuf. Elle est lævogyre; son pouvoir rotatoire est = à — 56° pour la raie D. Commaille l'a trouvé = à — 86° dans une solution de potasse.

A 60° elle se trouble déjà et à 72°, 73°, sa coagulation est complète. Après la coagulation de la sérine, la liqueur dans laquelle nage le coagulum devient plus alcaline : cette particularité tient sans doute à la formation d'un albuminat. — Étendu de beaucoup d'eau, le sérum ne se coagule pas par la chaleur.

L'analyse élémentaire de la sérine a donné les résultats suivants :

NOM DES SUBSTANCES	C	H	Az	S	AUTEURS
Sérine du sang artériel et veineux	53.4	7.2	15.7	1.30 (*Rulling*)	DUMAS ET CAHOURS.
Sérine.	53.7	7.1	15.8	0.7	MULDER.

L'alcool précipite la sérine de ses dissolutions. Décanté aussitôt, le précipité se redissout dans l'eau avec un léger trouble; mais, si l'alcool a exercé son influence quelques minutes, il reste une partie insoluble sous forme de poudre blanche. La partie soluble est quelquefois désignée sous le nom d'albuminat. Au bout d'un certain temps l'alcool transforme l'albumine du sérum en albumine coagulée; cette action est favorisée par une élévation de température. *L'éther aqueux ne donne aucun trouble avec la sérine ; il donne au contraire des flocons avec l'albumine de l'œuf.*

Une solution concentrée et pure d'acide chlorhydrique, versée en excès dans une solution de sérine, donne tout d'abord un précipité floconneux, qui se redissout en donnant une liqueur claire. Le pouvoir rotatoire augmente et monte à 78°, 7. L'eau produit dans cette solution un précipité floconneux qui, recueilli sur un filtre et soumis à la presse, donne une solution aqueuse limpide, possédant toutes les propriétés du chlorhydrate de syntonine. Il reste dans la solution chlorhydrique un corps insoluble qui ressemble à la peptone.

L'ammoniaque caustique modifie très-lentement le pouvoir rotatoire de la sérine. En neutralisant la liqueur, il se précipite une matière albuminoïde : cette matière pourrait être de la syntonine. Les lessives caustiques de potasse et de soude, même en petite quantité, modifient les solutions aqueuses de sérine; elles donnent un albuminat alcalin et augmentent le pouvoir rotatoire; mais si l'on fait agir l'alcali pendant longtemps, le pouvoir rotatoire revient à son premier état. — Une solution concentrée de cette albumine, à laquelle on ajoute, en agitant sans cesse, une lessive concentrée de potasse, se coagule complétement et forme une gelée transparente de même consistance que celle

fournie par l'albumine de l'œuf dans les mêmes conditions.

Les différences que l'on remarque dans le point de coagulation de cette albumine sous l'influence de la chaleur, quand on la trouve dans certains liquides pathologiques, urine, etc... s'expliquent facilement par la variété de composition de ces liquides, lesquels sont susceptibles de contenir des substances qui retardent ou accélèrent sa coagulation.

Nous avons déjà insisté sur la non précipitation de la sérine par le sulfate de magnésie. Ce caractère permet de la distinguer de la matière coagulable du suc pancréatique. Cette matière, en effet, est retenue par ce sel et elle possède une action bien différente sur les matières grasses. Nous n'insisterons pas sur les autres propriétés de la sérine, qui sont les mêmes que celles de l'albumine de l'œuf.

CHAPITRE TROISIÈME

CASÉINE. — ALBUMINAT OU PROTÉINE.

La caséine est un des principes les plus importants du lait qui normalement en contient de 20 à 40 p. 1,000. La légère alcalinité du lait a fait supposer que la caséine y était maintenue en dissolution à la faveur de l'excès d'alcali. Envisager la caséine comme une dissolution alcaline devait fatalement conduire à considérer les solutions alcalines d'albumine comme de la caséine ; c'est ce qui est en effet arrivé. Nous avons déjà étudié quelques propriétés des solutions albumineuses alcalines. Ces propriétés se rap-

prochent beaucoup de celles que nous allons trouver à la caséine du lait. Il est cependant probable que la caséine diffère de ces albuminats, et que le produit de l'action des alcalis caustiques sur les matières albumineuses n'est pas de la caséine proprement dite. Mais, avant d'aller plus loin, rapprochons ces deux termes, *albuminat* et *protéine*, qui désignent deux produits qui ne nous paraissent présenter aucune différence.

Nous avons déjà dit que la protéine de Mulder était le précipité obtenu en neutralisant une solution albumineuse alcaline par l'acide acétique. On obtient l'albuminat de Lieberkühn, en traitant par la potasse concentrée le blanc d'œuf réduit à moitié de son volume par évaporation de sa solution aqueuse à une température de 40°, coupant en petits morceaux la masse élastique jaunâtre qui résulte de ce traitement, et en l'épuisant par l'eau froide tant que l'eau passe alcaline. — Lieberkühn conseille d'éviter autant que possible l'action de l'air. — Le résidu, dissous dans l'eau bouillante ou l'alcool, est précipité par l'acide acétique. — Ainsi préparée, cette albumine ne contient pas de phosphore (Lieberkühn). Ces deux produits nous semblent être identiques; aussi emploierons-nous indistinctement les deux termes, *albuminat* et *protéine*, qui servent à les désigner.

Les albuminats ou protéines, résultant de l'action de la potasse sur les matières albumineuses, ne peuvent être distinguées de la caséine du lait que par leur action différente sur la lumière polarisée. Ils ne sont pas non plus identiques entre eux, car le pouvoir rotatoire est différent suivant que l'albuminat a été préparé avec telle ou telle variété d'albumine. Ainsi, additionnée d'une solution concentrée de potasse, la sérine a un pouvoir rotatoire = — 86°, l'albumine de

l'œuf dans les mêmes conditions dévie la lumière de — 47° et la déviation atteint — 58°,50, si on opère avec de l'albumine coagulée. En opérant avec de la caséine on arrive à — 91°.

Il faudrait, dans l'état actuel de la science, faire une étude attentive et comparée des propriétés de la caséine et de ces albuminats pour pouvoir dire que ces corps se ressemblent par toutes leurs réactions chimiques et qu'ils ne diffèrent que par leur action sur la lumière polarisée.

La caséine se trouve presque exclusivement dans le lait et principalement dans celui des carnivores qui peut en contenir jusqu'à 121 p. 1,000 (Dumas). Sa présence dans les tissus n'est pas rigoureusement démontrée ; on la confond souvent avec d'autres variétés. Elle manque complétement dans le sang, dans le liquide des kystes ; elle est très-rare dans tous les liquides naturels et pathologiques de l'économie. La caséine et ses produits de putréfaction (carbonate d'ammoniaque, sels ammoniacaux à acides acétique, butyrique, valérique, etc...) associés au beurre, forment le produit alimentaire connu sous le nom de fromage.

Préparation. — Pour préparer la caséine pure, Denis précipite du lait frais par un excès de sulfate de magnésie. Le précipité lavé avec de l'eau saturée de sulfate magnésien est redissous dans l'eau et filtré pour séparer la matière grasse ; le liquide clair est finalement traité par l'acide acétique qui précipite la caséine que l'on recueille ensuite.

On peut encore obtenir de la caséine par le procédé suivant : du lait étendu d'eau est traité par l'acide acétique, le coagulum formé est recueilli, lavé, et finalement traité par l'éther qui le dépouille des matières grasses.

Pour la préparation de l'albuminat, nous avons déjà décrit les procédés employés par Mulder et Lieberkühn ; nous

n'y reviendrons pas. Nous ajouterons seulement celui qui consiste à traiter le lait par la soude caustique, puis par l'éther qui dissout la matière grasse ; le liquide aqueux est ensuite additionné d'acide acétique et le précipité obtenu est parfaitement lavé.

Le procédé de Wurtz ne peut pas être appliqué à la préparation de la caséine (1).

L'analyse élémentaire de la caséine et des albuminats a fourni les nombres suivants :

NOM DES SUBSTANCES	C	H	Az	S	AUTEURS
Caséine coagulée par l'alcool.	53.5	7.1	15.8	0.9	DUMAS ET CAHOURS.
Albuminat.	53.51	7.03	15.61	(*Verdeil*) 1.83	LIEBERKÜHN.
Caséine précipitée par le sel marin	53.43	7.12	15.36	1.11 (*Schwartzenbach*)	VOLCKER.

Des recherches récentes faites par Béchamp, pour déterminer le pouvoir rotatoire de quelques variétés de caséine, lui ont fourni les résultats suivants :

Caséine du lait caillé. . . . . . (aj) = — 111°7 dans le carbonate de soude.
» » frais . . . . . . (aj) = — 109°7 » »
— du fromage de Munster. (aj) = — 108°9 » »
Caséine du lait frais. . . . . . . (aj) = — 80° dans l'acide acetique.

Ces nombres ne sont pas tout à fait concordants avec ceux connus jusqu'à présent ; le pouvoir rotatoire de la caséine du lait dont on avait observé la variation, suivant la

(1) HEINTZ, *Lehrb. der Zoochem*, p. 961.

nature de la liqueur qui tenait la caséine en solution, avait été trouvé de

— 80° dans le sulfate de magnésie
— 76° en solution alcaline (faible)
— 87° en solution chlorhydrique (très-étendue)
— 91° dans les alcalis concentrés.

Le pouvoir rotatoire des solutions caséeuses alcalines varie avec la quantité d'alcali.

Ce que nous dirons maintenant de la caséine pourra parfaitement s'appliquer aux albuminats dont nous ne reparlerons plus.

Desséchée, la caséine est transparente, jaune, hygroscopique ; elle se gonfle dans l'eau sans s'y dissoudre, elle est difficilement soluble dans l'acide acétique et se dissout même très-lentement dans les alcalis caustiques. Si l'on emploie des solutions alcalines très-concentrées, il se forme une espèce de combinaison qui se présente sous forme de gelée.

En soumettant à la dialyse une solution acétique d'albuminat, Schutzenberger a obtenu un liquide coagulable par la chaleur et les acides minéraux ; mais là s'arrête l'analogie de ce corps avec l'albumine, car une petite quantité d'alcali où d'un sel neutre le coagule immédiatement. La solution chlorhydrique de caséine donne lieu aux mêmes phénomènes, avec cette différence toutefois qu'elle est précipitée par l'acide acétique.

Alcalis. — Les solutions neutres ou faiblement alcalines de caséine sont précipitées par l'alcool froid ; le précipité se redissout dans l'alcool sous l'influence de la chaleur. — La caséine précipitée est très-soluble dans une eau légèrement alcaline, et cette solution fournit les réactions de la caséine du lait. Ainsi cette liqueur est précipitée

par l'acide acétique dès qu'elle commence à acquérir une légère réaction acide. La présence d'un phosphate alcalin n'empêche pas la réaction. Elle est précipitée par l'acide carbonique, et la précipitation est d'autant plus complète que la liqueur est moins alcaline et plus concentrée. Une solution neutre d'albuminat de Lieberkühn est complétement précipitée par l'acide carbonique. Une solution alcaline ne l'est pas du tout. La caséine n'est pas précipitée par l'acide carbonique en présence des phosphates alcalins. On peut même aciduler légèrement la solution par l'acide acétique sans que la précipitation ait lieu même à l'ébullition. Mais en forçant la dose d'acide acétique, on arrive à obtenir un précipité à l'ébullition, et, en augmentant graduellement la dose d'acide, on obtient un précipité à la température ordinaire et finalement on précipite complétement la caséine. Les acides lactique et phosphorique agissent comme l'acide acétique ; on peut attribuer à la présence des phosphates la réaction acide du lait avant sa coagulation spontanée. Les acides tartrique et cyanhydrique ne précipitent pas la caséine de ses solutions alcalines. Obtenue par neutralisation de ses solutions alcalines, elle se dissout facilement dans un excès d'acide acétique ou dans une solution étendue d'acide chlorhydrique au 4/1000e. Ces dissolutions acides sont précipitées par un excès d'acide minéral, ou par l'addition de quantité suffisante d'alcali pour les neutraliser.

Du sulfate de magnésie ajouté à une solution de caséine précipite cette matière albumineuse tant que le sel se dissout ; le précipité formé se dissout très-bien dans l'eau pure. Le chlorure de calcium produit le même effet. A chaud une quantité bien moins grande de ces deux sels produit le même résultat. — La caséine est insoluble dans les dissolutions de sels neutres comme le chlorure de sodium. Elle se

comporte comme un véritable acide vis-à-vis des sels des métaux lourds. Lieberkühn a obtenu avec la baryte, l'argent, le cuivre, le plomb, etc... des précipités sur lesquels nous reviendrons, auxquels il a donné des formules (1). On a même signalé des sels doubles à base de métaux alcalins et alcalino-terreux, associés à l'oxyde de cuivre.

D'après Millon et Commaille, la caséine pourrait également jouer le rôle de base vis-à-vis des acides. Ainsi, en versant une solution alcaline de caséine dans des solutions étendues d'acide minéral et de certains acides organiques, ils ont obtenu des précipités, qui, lavés à l'eau, à l'alcool et à l'éther, puis redissous dans une solution alcaline et précipités de nouveau par les acides, leur ont présenté l'aspect de combinaisons définies dans lesquelles la caséine remplissait le rôle de base. Ils ont représenté la formule de quelques-uns de ces corps, entre autres de l'azotate, du chlorhydrate, du sulfate, du chromate et de l'oxalate, et dans ces composés la caséine à laquelle ils assignent la composition moléculaire ($C^{108}H^{97}Az^{14}O^{20}$) y entre pour une ou deux molécules selon qu'elle est combinée avec un acide mono ou bibasique. Ces différents composés peuvent donner lieu à des phénomènes de partage si on les mélange avec des acides différents de ceux qui entrent dans la combinaison ; mais dans leur mémoire ils ne signalent pas de phénomènes de double décomposition. Les combinaisons de caséine avec les acides acétique, iodhydrique, hyperchlorique, sulfocyanhydrique, sont décomposées par l'eau : aussi peut-on préparer la caséine pure avec l'acide acétique. Ce précipité lavé à l'eau,

(1) Pour lui la caséine répondrait à la formule ($C^{72}H^{57}Az^{9}O^{22}S$) et ses sels à ($C^{72}H^{56}R'Az^{9}O^{22}S$).

à l'alcool, à l'éther, redissous dans une lessive faible, et précipité de nouveau par l'acide acétique, fournit après lavage et dessiccation dans le vide un composé que Millon et Commaille représentent par la formule $2(C^{108}H^{97}Az^{14}O^{20})5H^2O^2$. Les cinq molécules d'eau peuvent être éliminées à 150° et les deux caséines (soluble et insoluble) dont ils admettent la présence dans le lait ne différeraient que par la quantité d'eau combinée ; la caséine insoluble ne contiendrait que trois molécules d'eau au lieu de cinq

La présure coagule facilement la caséine; cette coagulation a été attribuée à tort à la formation de l'acide lactique, car après la coagulation du lait le liquide est assez légèrement alcalin et l'alcalinité disparaît par l'addition d'une faible trace d'acide lactique (1).

Soumise à l'influence de l'ozone, une solution de caséine devient coagulable par la chaleur et précipitable par l'acide acétique. Une action prolongée de ce corps singulier finit par donner des produits semblables à ceux que donne l'albumine (2). Nous n'insisterons pas sur la transformation de la caséine en matière grasse (Blondeau); ce fait n'a encore reçu aucune confirmation.

Millon et Commaille ont retiré du lait après avoir précipité la caséine par l'acide acétique, et l'albumine par la chaleur, une matière précipitable par le réactif, dit de Millon, employé en petite quantité. Ce corps qu'ils ont appelé lactoprotéine présente des réactions différentes de l'albumine et de la caséine; mais, dans les conditions où ils se sont placés, ne pourrait-il pas

---

(1) Heintz, *Journ. f. pr. Chem.*, t. VI, p. 371.

(2) Gorup Bezanez, *Ann. der Chem. und Ph.*, t. LXXXVI, p. 107.

être resté en solution une certaine quantité de caséine ou d'albumine, ou un mélange de ces deux corps ? En tout cas, en opérant comme ils l'ont fait, il est très-probable qu'ils n'ont pas isolé une matière albumineuse distincte, si toutefois il en existe une.

CHAPITRE QUATRIÈME

FIBRINE ET GLOBULINES

§ 1er. — **Fibrine.**

Le sang agité avant sa coagulation ne se prend pas en masse, mais l'agitateur se recouvre d'une matière fibrillaire qui, bien lavée sous un filet d'eau, constitue la *fibrine*. Le plasma musculaire contient lui-même une matière fibreuse, la *musculine* ou *myosine*, que l'on ne doit pas confondre avec la fibrine.

La fibrine existe dans le chyle, la lymphe, ainsi que dans les cavités morbides en communication avec le système circulatoire, tels que les liquides pleurétiques, de l'hydrocèle, les sérosités péritonéales, péricardiques, etc... A l'état normal on n'en trouve pas ailleurs que dans le sang. Dans les cas de pneumonie certains crachats désignés sous le nom de crachats fibrineux contiennent de la fibrine provenant du sang épanché en nature après la rupture des vaisseaux. L'urine elle-même peut en contenir dans les cas de cystite cantharidienne. On a quelquefois désigné sous le nom de fibrine la matière albuminoïde du sperme, mais cette

matière assez mal étudiée jusqu'à présent ne présente aucun des caractères de la fibrine et porte le nom de spermatine.

Denis prétend que le globule sanguin contient aussi de la fibrine, mais il éprouve encore des doutes sur la présence de ce corps dans le globule rouge du sang des mammifères. Il est généralement admis aujourd'hui que la fibrine n'existe pas dans le sang comme fibrine, et que c'est la *plasmine* qui s'y trouve, qui s'y forme, et qui est assimilée par les tissus ; mais, si une circonstance accidentelle vient déterminer le dédoublement de la plasmine, la fibrine peut apparaître alors aussi bien dans les vaisseaux que dehors.

Préparation. — On fouette vivement le sang avec un balai à sa sortie des vaisseaux; la fibrine ne tarde pas à s'attacher aux brins du balai sous la forme de filaments amorphes et fibreux, tandis que le sang devient désormais incoagulable. Dans cet état elle est encore colorée en rouge par les globules. On la détache du balai et on la lave à grande eau en ayant soin de déchirer les fibres et de rejeter les parties où la matière colorante semble adhérer avec plus de persistance. On termine les lavages avec de l'eau distillée chargée d'acide carbonique. Vers la fin de l'opération on peut ajouter à l'eau de lavage quelques gouttes d'acide acétique pur qui gonfle la fibrine et permet d'y distinguer plus facilement les globules. On enlève ensuite l'acide acétique par des lavages répétés à l'eau distillée chargée d'acide carbonique.

On peut encore extraire la fibrine du caillot. Pour cela, on le divise en tranches minces que l'on place sur un tamis, et par de nombreux lavages on enlève les globules qui se trouvent peu à peu entraînés à travers les mailles, tandis

que la fibrine reste sur le tamis. On la traite ensuite comme précédemment.

Ainsi préparée, la fibrine retient encore de la cholestérine, des graisses, des savons ammoniacaux et probablement de la lécithine, ce qui expliquerait la présence de l'acide phosphoglycérique que Wirchow y a rencontré. Pour la débarrasser de ces corps, on la sèche à 120° ou 140° et on l'épuise par l'alcool et l'éther bouillants.

Denis recommande de recevoir le sang au sortir de la veine dans une solution concentrée de sulfate de soude. Cette solution, comme celle de beaucoup de sels neutres, possède la propriété d'empêcher la coagulation du liquide sanguin et met les globules dans un état tel qu'ils ne peuvent plus traverser les pores du papier. On recueille les globules sur un filtre préalablement mouillé avec une solution de sulfate de soude, et le liquide filtré qui est encore légèrement coloré est additionné de son volume d'eau. On filtre de nouveau et on répète ces dilutions et ces filtrations jusqu'à ce que la fibrine se coagule. Si on ajoute du chlorure de sodium au liquide encore coloré provenant de la première filtration, on obtient environ 25 p. 1,000 d'une matière blanche pulpeuse qui ne possède pas la ténacité de la fibrine. C'est la *plasmine* de Denis que l'on peut recueillir sur un filtre. Ainsi précipitée, elle est soluble dans dix à vingt fois son poids d'eau ; mais, au bout de cinq minutes, ou même immédiatement par le battage, elle se dédouble et donne par la coagulation qui a lieu alors de la fibrine insoluble dans une solution de chlorure de sodium au 1/10e et un liquide albumineux contenant le corps que Denis appelle fibrine *dissoute*.

Après avoir subi l'action du sulfate de soude, que le sang vienne des artères ou des capillaires, la fibrine obtenue

par ce procédé est insoluble dans la solution de chlorure de sodium ; il en est de même de celle du sang artériel obtenue par le battage. Mais la fibrine du sang veineux obtenue par ce dernier procédé (battage) et celle de la couenne inflammatoire sont solubles dans cette même solution; elles ne deviennent insolubles qu'après avoir été portées à 100°. Ainsi il y a modification des substances coagulables en passant du sang artériel dans le sang des veines sous-cutanées et autres au travers des capillaires. Cette différence entre la fibrine artérielle et veineuse prouverait bien que la plasmine n'est pas un mélange de fibrine et d'un autre principe, mais un composé unique qui se dédouble en deux corps, l'un coagulable spontanément, l'autre qui reste liquide. Denis distingue ces trois variétés sous le nom de :

1° *Fibrine concrète modifiée.* — Obtenue par l'action du sulfate de soude et du chlorure de sodium sur le sang. Elle est insoluble dans la solution de chlorure de sodium au 1/10e.

2° *Fibrine concrète pure.* — Fibrine du sang veineux obtenue par le battage. Elle est soluble dans la solution de chlorure de sodium.

3° *Fibrine dissoute.* — La matière albumineuse en solution.

On pourrait être tenté de croire que cette fibrine dissoute est une solution de fibrine dans le chlorure de sodium ; mais il est un fait qui vient combattre cette supposition, c'est que dans certaines veines, et notamment dans les veines rénales, ce n'est pas la plasmine qui s'y trouve, mais bien cette *fibrine dissoute*, c'est-à-dire un principe non coagulable spontanément. Cette manière d'envisager les différentes matières du plasma sanguin basée sur des expériences sérieuses nous paraît devoir placer les idées

de Denis au premier rang. Nous sommes cependant bien loin de prétendre que l'on doit rejeter toutes les autres théories et que le dernier pas soit fait sur ce chemin. Tant que la science ne sera pas définitivement fixée sur la nature chimique des composés albuminoïdes, tous les procédés employés pour les isoler peuvent être considérés comme défectueux et entraîner à des erreurs dont la limite est indéterminée. Aussi mettrons-nous en regard des idées de Denis celles de la plupart des physiologistes allemands.

Théorie de A. Schmidt (1). — Schmidt prétend que le plasma sanguin contient deux substances qu'il appelle, la première *matière fibrinoplastique* ou *paraglobuline*, la deuxième *fibrinogène* ou *métaglobuline*. Pour obtenir la paraglobuline, il fait passer un courant d'acide carbonique dans le plasma sanguin étendu de dix fois son volume d'eau glacée. On recueille le précipité formé qui est la paraglobuline. Si on dilue davantage le plasma privé de paraglobuline et qu'on y fasse passer à refus de l'acide carbonique, il se forme des masses gluantes adhérentes aux parois : c'est cette matière qu'il désigne sous le nom de *fibrinogène*. On purifie le fibrinogène en le lavant avec de l'eau froide chargée d'acide carbonique.

Schmidt soutient que le plasma privé de paraglobuline ou de fibrinogène ne se coagule pas, mais qu'une solution de paraglobuline dans l'eau aérée peut rendre spontanément coagulable du plasma privé de paraglobuline, et qu'une solution de fibrinogène dans le chlorure de sodium agit de même sur du sérum sanguin défibriné mais contenant encore de la matière fibrinoplastique.

---

(1) A. Schmidt, *Weber der Faserstoff*, etc. Berlin, 1861-1862.

En dissolution faiblement alcaline, ces deux substances donnent de la fibrine par leur action réciproque.

Hoppe Seyler a même obtenu un caillot consistant en faisant agir en présence d'une solution étendue de chlorure de sodium, de la paraglobuline tenue en suspension dans de l'eau aérée et de la matière fibrinogène précipitée par le chlorure de sodium. La fibrine qu'il a ainsi obtenue est entièrement semblable à la fibrine du sang. Le fait le plus curieux est certainement la coagulation d'un liquide d'hydrocèle ou d'une sérosité provenant d'une ponction du péricarde ou du péritoine par l'addition de paraglobuline ou de sérum du sang.

Ainsi Schmidt admet que le phénomène de la coagulation de la fibrine résulte de l'union de deux substances, les matières fibrinoplastique et fibrinogène, dissoutes dans le plasma sanguin dans lequel elles seraient faiblement unies à la soude. Mises en présence dans des conditions convenables, elles abandonneraient l'alcali qui les tient en solution et s'uniraient pour former de la fibrine. Dans des travaux plus récents publiés en 1872, Schmidt anéantit presque complétement ses premières expériences. Il dit que les matières fibrinoplastique et fibrinogène pures ne peuvent former de fibrine qu'en présence d'une troisième matière qu'il considère comme un ferment. Mais nous ne suivrons pas le savant allemand dans ses théories plus ou moins problématiques.

En laissant de côté les dernières expériences de Schmidt, on pourrait presque concilier ses idées avec celles de Denis, en admettant que la plasmine de ce dernier n'est rien autre chose qu'un mélange de paraglobuline et de métaglobuline et que la fibrine soluble est l'excès de matière fibrinoplastique qui reste en solution.

Propriétés de la fibrine. — La fibrine obtenue par le battage du sang veineux est une substance élastique, opaque, blanche ou blanc grisâtre, formée de filaments ou fibrilles microscopiques entrelacés retenant encore malgré des lavages répétés quelques globules de sang. Elle retient aussi une certaine quantité de phosphates de chaux et de magnésie (0.8 à 2.5 °/₀). La fibrine obtenue par le battage du plasma sanguin est privée de globules. — Le sang contient de 2 à 2.5 p. 1,000 de fibrine, elle se trouve en plus grande quantité dans le sang artériel que dans le sang veineux. Humide elle retient environ 80 °/₀ d'eau.

Une moyenne des diverses analyses qui en ont été faites a fourni les résultats suivants :

C=52.6 ; H=7 ; Az=16.6 ; S=1.2 à 1.6 ; O=22.2 à 22.6.

En se coagulant le plasma devient plus alcalin, et il se précipite en même temps une petite quantité de phosphates de chaux et de magnésie. La chaleur favorise la formation de la fibrine ; à 40° cette formation est très-rapide, à 0° elle est aussi retardée que possible. Une liqueur riche en substances constitutives de la fibrine se coagule beaucoup plus vite qu'une liqueur qui en est pauvre. L'acide carbonique ralentit la coagulation ; il l'arrête même complétement. L'agitation, le battage de la liqueur, le passage d'un courant d'air l'accélèrent. Les acides acétique, lactique, phosphorique, les alcalis libres et leurs carbonates empêchent la coagulation de la fibrine ; ces derniers gonflent au contraire le coagulum formé dans des liquides acides ou alcalins et finissent même par le dissoudre à la longue, mais d'une façon incomplète. La fibrine est insoluble dans l'eau pure ; elle décompose l'eau oxygénée en dégageant l'oxygène et sans paraître se modifier. — Chauffée au-dessus de 72° ou bien laissée longtemps à l'air en contact avec de

l'alcool, elle perd la propriété de décomposer l'eau oxygénée. Du reste, dans ces différents états, la fibrine s'est transformée en *fibrine concrète modifiée* de Denis, car elle est insoluble dans les solutions salines. — Évaporée à l'air, la fibrine absorbe de l'oxygène et dégage de l'acide carbonique. L'ammoniaque, les alcalis caustiques dilués dissolvent la fibrine à une basse température. Cette solution n'est plus coagulable par la chaleur ; elle ressemble assez à un albuminat, car elle est précipitée par le sublimé, l'acétate de plomb, le sulfate de cuivre, etc. — Une solution aqueuse d'acide chlorhydrique au 5/1000ᵉ transforme la fibrine en gelée transparente ; il suffit de la laver après en avoir neutralisé l'acide pour obtenir la fibrine sous son volume primitif. Une solution du même acide au 1/1000ᵉ la dissout plus ou moins rapidement à 40° ou 50° : cette solution se fait en quelques heures. La fibrine est alors modifiée et transformée en syntonine ne précipitant pas sous l'influence de la chaleur mais par neutralisation de la liqueur.

Les acides acétique et phosphorique possèdent une action semblable. La fibrine se dissout plus ou moins rapidement dans les solutions étendues de sels neutres. (Azotate de potasse, sel marin, sulfate de soude au 1/10ᵉ.) Ces dissolutions sont coagulables par la chaleur, et le coagulum formé n'est plus soluble dans les mêmes dissolvants ; elles précipitent par les acides, l'alcool et le sulfate de magnésie en poudre. — La solution acétique de fibrine donne avec le ferrocyanure un précipité blanc qui se redissout d'abord, mais qui bientôt devient permanent ; les acides étendus ne le dissolvent pas, mais les alcalis le décomposent.

Nous avons déjà parlé des différentes variétés de fibrine que Denis a distinguées et nous avons vu que la fibrine du sang veineux obtenue par le battage était différente de

celle du sang artériel. Nous ne nous étendrons pas sur la matière fibrineuse insoluble dans une solution de sel marin qu'il a obtenue en laissant coaguler en repos du sang veineux et qui paraît être un mélange de globuline et de fibrine pure. Nous citerons, en passant, les fibrines artificielles de Smee et de Brucke : Smee obtient la sienne en faisant passer pendant longtemps un courant d'oxygène dans du sérum ou dans une solution d'albumine de l'œuf dans laquelle il place deux rouleaux de platine. Brucke désigne sous le nom de *pseudo-fibrine* le résidu que l'on obtient en lavant pendant longtemps à l'eau distillée la gelée obtenue en traitant le blanc d'œuf par la potasse concentrée ; son action sur l'eau oxygénée est plus faible que celle de la fibrine.

§ 2. — **Globulines.**

Les matières fibrinoplastique et fibrinogène ayant reçu la première le nom de *Paraglobuline*, la deuxième celui de *Métaglobuline*, nous étudierons d'abord la *Globuline* de Denis, afin d'éviter toute confusion

Globuline. — Berzelius avait donné le nom de globuline à la substance qui forme la masse principale du globule. Un peu plus tard, Funke ayant démontré que la globuline inaltérée de Berzelius peut cristalliser, changea son nom en celui d'hématocristalline. L'hématocristalline de Funke étudiée par Hoppe Seyler, fut trouvée n'être qu'un mélange d'une matière albuminoïde rouge, ferrugineuse, avec une petite quantité d'une autre substance, et il donna à la matière albumineuse le nom d'hémoglobine.

Denis avait reconnu avant Rollett que les globules rou-

ges contiennent une matière albuminoïde incolore et insoluble à laquelle ils doivent leur forme et qu'il appela globuline. La globuline de Denis, qui forme le stroma de Rollett, constitue par son mélange avec l'hémoglobine de Hoppe Seyler l'*hématocristalline impure* (1) de Funke et la globuline de Berzelius.

Lehmann et Schmidt ont en outre appelé globuline une substance analogue à la caséine ; elle se trouve dans le sérum sanguin, c'est celle que Kühne désigne sous le nom de paraglobuline et qu'il suppose provenir du globule.

Préparation. — Denis prend du sang d'oiseau, de poule par exemple, le défibrine par le battage, et après l'avoir passé à travers un linge pour en séparer la fibrine concrète, il étend le plasma obtenu de la moitié de son volume d'une solution de chlorure de sodium au 1/10ᵉ. Il abandonne ensuite le tout à l'air libre à la température ambiante, en ayant soin de remuer de temps en temps. Le sang ne tarde pas à devenir épais, filant et à présenter au bout de quelques heures une masse assez semblable à un caillot non défibriné. Les globules ont perdu leur forme ; ils se sont accolés les uns aux autres et ils adhèrent très-distinctement entre eux. Dix ou quinze heures après, on peut laver la masse visqueuse ainsi obtenue. Pour cela on en prend de petites portions, on y ajoute de l'eau distillée que l'on renouvelle à mesure qu'elle se colore ; on finit ainsi par enlever la totalité du sel employé ainsi que les matières colorantes du sang. Il ne reste bientôt plus que la globuline en quantité considérable, blanche et translucide. — On peut la retirer du sang humain par le même procédé.

---

(1) L'*Hémoglobine* de Hoppe Seyler est quelquefois désignée sous le nom d'*Hématocristalline*.

Propriétés. — La globuline du sang d'oiseau quand elle a été bien lavée, est blanche, molle, demi transparente et formée par un amas confus de granulations soudées entre elles. Insoluble dans l'eau pure, elle éprouve une demi solution quand on la traite par l'eau salée au 1/10e, que l'eau distillée précipite en faisant reparaître la globuline à son état primitif, non toutefois sans qu'une certaine quantité reste en solution. — Par une exposition prolongée à l'air, la globuline perd la propriété de devenir visqueuse dans l'eau salée ; l'alcool froid en quelques heures, l'eau bouillante en quelques instants produisent le même effet. — Denis appelle le corps ainsi obtenu *globuline modifiée.* — Les alcalis ou les carbonates alcalins précipitent l'albumine en solution dans l'eau salée ; les acides agissent de même.

L'alcool à 22° coagule la globuline. Le précipité se redissout par l'ébullition à moins que la quantité d'alcool employé ne soit insuffisante ; le précipité reparaît par refroidissement. — A 100° la matière visqueuse est coagulée, mais une partie reste en solution et se comporte comme de la caséine.

La globuline que l'on extrait du sang de l'homme possède les mêmes propriétés, mais elle est plus altérable. Denis prétend que la globuline contient toujours un peu de fibrine qui peut lui être enlevée en modifiant la globuline par l'alcool et en traitant ensuite cette globuline modifiée par le sel marin et l'eau qui dissolvent la fibrine.

Paraglobuline ou matière fibrinoplastique. — Schmidt et Kühne prétendent que cette substance existe dans le globule sanguin d'où elle s'extravaserait dans le plasma. On peut l'obtenir : 1° en faisant passer un courant d'acide carbonique dans du plasma sanguin étendu de dix

à douze fois son volume d'eau glacée. On continue le courant d'acide carbonique tant qu'il se précipite des flocons; ceux-ci sont recueillis et lavés à l'eau froide chargée d'acide carbonique.

2° Avec le sérum ; on l'additionne de dix à douze fois son volume d'eau et on le traite par un courant d'acide carbonique ; ou bien on y ajoute une petite quantité d'acide acétique très-étendu de manière à ce qu'il reste sensiblement alcalin. (4 gouttes acide à 25 °/₀ pour 10 cent. cubes sérum de bœuf.)

Ainsi préparée, la paraglobuline se présente sous forme de granulations non adhérentes entre elles, elle se lave facilement sur le filtre, est insoluble dans l'eau privée d'air et dans l'alcool; elle décompose lentement l'eau oxygénée, se dissout dans l'eau aérée ou très-chargée d'acide carbonique, dans les alcalis, leurs carbonates et les acides très-étendus.

En solution aqueuse, la matière fibrinoplastique passe assez rapidement par exosmose à travers les membranes animales (vessie, intestin, etc...), mais elle ne passe pas à travers le papier parchemin.

La paraglobuline est précipitée par le sel marin en poudre et par l'acide acétique ajouté en léger excès; l'acide carbonique la précipite incomplétement. La paraglobuline précipitée, chauffée avec de l'eau à 60°, devient insoluble dans les acides et dans l'eau chargée d'oxygène. — Les acides concentrés, les sels métalliques se comportent avec la paraglobuline comme avec l'albumine ordinaire.

Substance fibrinogène ou Métaglobuline. — Nous avons déjà parlé d'un procédé pour extraire le fibrinogène du plasma privé de paraglobuline, mais ce liquide est diffi-

cile à obtenir et on peut extraire plus facilement le fibrinogène de certains liquides pathologiques qui le contiennent souvent en abondance (sérosité de la plèvre, du péritoine, du péricarde, ou le liquide de l'hydrocèle.) Ces liquides étendus de vingt fois leur volume d'eau, saturés exactement par l'acide acétique dilué ou traités à refus par l'acide carbonique, donnent un trouble qui se résout bientôt en un précipité visqueux adhérent aux parois. Ce précipité lavé par décantation avec de l'eau chargée d'acide carbonique constitue la *matière fibrinogène* à l'état pur.

Le fibrinogène peut être précipité de ces liquides par un mélange de 3 *parties* alcool et de 1 PARTIE d'Ether. Il est insoluble dans l'eau privée d'air, soluble dans l'eau aérée ; comme la fibrine il décompose l'eau oxygénée et perd cette propriété quand on le porte au-dessus de 72°. Ces propriétés le rapprochent de la globuline : mais il en diffère en réalité en ce qu'il est moins soluble et coagulable par la chaleur.

Nous ne terminerons pas l'étude des différentes variétés de globuline sans parler des expériences de Mathieu et Urbain (1) qui prétendent que la coagulation des différentes espèces d'albumine serait due à la combinaison de l'acide carbonique avec la matière albuminoïde et que, si l'on vient à enlever ce gaz, les solutions albumineuses ne sont plus coagulables par la chaleur. Ils ont constaté que l'albumine privée de ses sels volatils (sulfhydrate, carbonate, sulfate d'ammoniaque) précipite par l'acide carbonique, que ce précipité est soluble dans l'eau aérée, mais qu'il perd la propriété de se dissoudre si on le soumet à une température de 72°. — Ces propriétés rapprochent ce corps de la *matière*

(1) MATHIEU et URBAIN, *Journ. ph. et de Ch.* nov. 1873.

fibrinoplastique. — En ajoutant à cette espèce de paraglobuline en solution du carbonate d'ammoniaque, elle redevient de l'albumine et ne se coagule plus par l'acide carbonique. L'addition d'un phosphate alcalin lui communique les propriétés de la caséine vis-à-vis des acides acétique et lactique.

CHAPITRE CINQUIÈME

MYOSINE. — SYNTONINE.

§ 1er. — **Myosine.**

La *Myosine* a été récemment isolée par Kühne des autres matières albumineuses. Elle se forme de ce mélange énigmatique de substances désignées sous le nom de protoplasma ou substance musculaire contractile pendant leur coagulation spontanée : (Rigidité cadavérique), elle forme la majeure partie du caillot du plasma musculaire.

Le procédé employé pour la préparer est fondé sur la propriété que possède une solution de sel marin au 1/10e de la dissoudre et de la laisser précipiter ensuite par l'addition d'une grande quantité d'eau. De la viande fraîche est lavée à l'eau, finement découpée et broyée avec du sel marin ; on ajoute ensuite assez d'eau pour former avec le sel une solution à 10 %; le liquide exprimé étendu de beaucoup d'eau laisse séparer la myosine.

Elle se présente sous forme d'une masse gélatineuse demi transparente ; sa composition n'est pas connue ; elle

renferme du soufre comme toutes les matières albuminoïdes, décompose l'eau oxygénée, et comme la fibrine perd cette propriété quand on la porte au-dessus de 70°. Elle est insoluble dans l'eau, soluble dans la solution de sel marin au 1/10e; une plus grande quantité de sel la précipite.

La solution concentrée de myosine dans l'eau additionnée de sel est trouble, mucilagineuse, visqueuse, mais pas filante. L'état de cette solution n'a pas permis jusqu'à présent d'examiner son action sur la lumière polarisée. Portée à 60° il y a coagulation, mais le produit n'est plus de la myosine, car il n'est pas soluble dans la solution de sel marin ni dans l'acide chlorhydrique au 1/1000e.

La myosine traitée par les alcalis se dissout comme toutes les substances albumineuses en formant un albuminat; mais, si on fait agir un alcali faible sur une solution saline de myosine, elle est d'abord précipitée puis redissoute à l'état de syntonine.

Les acides étendus précipitent la myosine, mais, quand ils sont très-étendus, ils la gonflent et finissent par la dissoudre en la transformant en syntonine. (Ex. HCl, au 1/1000e).

Le carbonate de soude détermine un précipité dans la solution chlorhydrique de myosine. Ce précipité n'est soluble dans la solution de sel marin que si la myosine a été récemment dissoute. — Les solutions de carbonate de soude et d'azotate de potasse qui ne dissolvent pas la myosine, et son pouvoir assimilable qui en fait une substance très-nutritive, la distinguent nettement de la fibrine qui est très-difficilement assimilée et soluble dans les réactifs susmentionnés.

§ 2. — **Syntonine.**

La *syntonine* est une matière dont les propriétés se rap-

prochent beaucoup de la *myosine*, mais qui en diffère par son insolubilité dans la solution de chlorure de sodium au 1/10e.

On peut l'obtenir par l'action des alcalis ou de l'acide chlorhydrique étendu sur la myosine, et aussi par l'action du même acide concentré sur presque toutes les matières albumineuses. Dans ce dernier cas, elle se forme en quantité d'autant plus grande que l'action de l'acide a duré moins longtemps. Elle se produit encore pendant la digestion stomacale des matières albuminoïdes.

Préparation. — Les muscles hachés très-finement et lavés, sont traités par une solution d'acide chlorhydrique au 1/1000e. La masse gonflée est passée à travers un linge, et le liquide filtré est exactement neutralisé avec du carbonate de soude. La syntonine se sépare sous forme d'un précipité floconneux, gélatineux que l'on purifie par des lavages. Toutes les matières albumineuses, à l'exception de l'albumine coagulée, peuvent donner de la syntonine.

Séparée de sa combinaison chlorhydrique par neutralisation, la syntonine forme un précipité floconneux, gélatineux, insoluble dans les solutions de chlorure de sodium, mais se dissolvant très-bien dans l'acide chlorhydrique étendu et dans les solutions étendues d'alcalis ou de carbonates alcalins.

Sa solution dans l'acide chlorhydrique étendu est lævogyre et = à — 72°. Cette déviation augmente avec la température ; exposée au b. m. elle peut atteindre 84°8. L'action de la syntonine sur la lumière polarisée paraît être indépendante du degré de concentration de la liqueur, et elle ne varie presque pas par l'addition d'une petite quantité de carbonate de soude.

La solution chlorhydrique de syntonine n'est pas coagu-

lable par la chaleur, mais elle est précipitable par l'addition d'un sel neutre. Il en est de même de la solution de syntonine dans l'eau de chaux : cette dernière est même précipitable par l'acide carbonique.

La syntonine en suspension dans l'eau, chauffée quelques minutes à 85°, se transforme en une modification insoluble dans l'acide chlorhydrique au 1/1000e.

La composition de la syntonine est représentée par.
C = 54,1 ; H = 7,3 ; Az = 16,1 ; O = 21,5 ; S = 1,1.

CHAPITRE SIXIÈME.

MÉTALBUMINE — PARALBUMINE — HYDROPISINE.

Il existe encore trois variétés d'albumine reconnues comme espèces distinctes par quelques chimistes et physiologistes ; nous voulons parler de la *Métalbumine*, de la ***Paralbumine*** et de l'*Hydropisine*. Ces matières, que l'on ne trouve guère que dans les kystes ovariques, l'hydrocèle, l'hygroma, le liquide pleural et celui de l'ascite, présentent certains caractères qui les rapprochent beaucoup de la sérine et d'autres qui en font des espèces séparées. Elles jouissent de toutes les propriétés générales des substances albuminoïdes. Elles ne sont pas précipitées par l'acide acétique mais elles le sont par l'acide azotique et l'acide phénique. Leur solution acétique est précipitée à froid par le ferrocyanure de potassium et coagulée par la chaleur qui détermine un coagulum même dans les liqueurs neutres.

§ Ier. — **Métalbumine.**

Les liquides que nous avons énumérés ci-dessus traités par l'alcool donnent un précipité qui, après avoir été lavé à l'alcool et desséché à l'air, se redissout en totalité ou en partie dans l'eau. Le liquide aqueux possède la consistance séreuse ou oléagineuse du liquide primitif; l'alcool y détermine un précipité qui, privé de l'alcool par évaporation, laisse comme résidu une matière à laquelle on a donné le nom de métalbumine. Cette matière diffère de celle fournie par l'albumine par la facilité avec laquelle elle se redissout dans l'eau, même après avoir séjourné pendant longtemps sous l'alcool concentré, Elle n'est pas précipitée par le sulfate de magnésie; l'acide acétique ne la précipite pas non plus, à moins cependant qu'elle ne soit additionnée de sulfate magnésien.

Pour M. Robin, fibrine dissoute de Denis, métalbumine, hydropisine sont des termes synonymes.— Nous ne savons jusqu'à quel point cette manière de voir est justifiée; elle nous paraît même entachée d'erreur, car la métalbumine et l'hydropisine sont des corps différents, et cette dernière seule semblerait se rapprocher de la *fibrine dissoute*. Les recherches de M. Méhu éclairciront sans doute cette question encore obscure.

§ 2. — **Paralbumine.**

Schéerer décrit sous ce nom une substance qu'il a trouvée dans certains kystes ovariques; elle est dissoute dans le liquide alcalin visqueux et écumant qui forme la sérosité

de ces kystes. La viscosité augmente avec la quantité de paralbumine; elle est quelquefois si grande que le liquide se laisse tirer en filaments de plus de trois pieds de longueur. Ces liquides sont généralement opalescents, miscibles à l'eau et difficiles à filtrer (1).

L'alcool précipite la paralbumine, mais le précipité est comme celui de métalbumine, redissoluble dans l'eau avec laquelle il donne une gelée homogène. Elle est coagulée à l'ébullition, toutefois le précipité ne se sépare pas suffisamment pour permettre la filtration. Si à la liqueur bouillante on ajoute avec précaution de l'acide acétique, on obtient un précipité floconneux, mais le liquide reste toujours trouble. Après avoir été précipitée par l'alcool, la paralbumine renferme encore de l'alcali. Si on la dissout dans beaucoup d'eau et qu'on fasse passer un courant d'acide carbonique dans la solution, il se fait un précipité floconneux, abondant, qui se forme également par l'addition d'acide acétique, dans l'acide chlorhydrique étendu, et dans une solution alcaline très-étendue, mais il est insoluble dans une solution de chlorure de sodium.

Le sulfate de magnésie ne précipite pas la paralbumine de ses solutions faiblement alcalines. L'acide acétique et le ferrocyanure y déterminent un précipité contenant 6, 2 °/ de ferrocyanure. Elle est précipitée par le sous-acétate de plomb : un excès de réactif redissout le précipité. L'alun, le sulfate et l'acétate de cuivre agissent de même.

Une solution à peu près neutre de paralbumine possède un pouvoir rotatoire = à — 61° 5. Comptée en paralbumine desséchée, sa composition serait :

C = 51. 8; H = 6. 9; Az = 12. 8; O = 26. 8; S = 1. 7.

(1) Hilger l'a rencontrée dans le liquide de l'ascite qui, dit-il, ne contient pas de sérine.

§ 3. — **Hydropisine.**

Certains liquides séreux (liquide pleural, ascite, kysté ovarqiue, etc.....) additionnés de sulfate de magnésie en q. s. pour sursaturer la liqueur, donnent un précipité qui, lavé sur le filtre avec une solution de sulfate magnésien, peut se redissoudre facilement dans l'eau après l'enlèvement complet du sel de magnésie par des lavages rapides.

La solution a un aspect gommeux ; elle n'est pas filante.

L'alcool la précipite, mais le précipité n'est plus redissoluble dans l'eau. Elle est également précipitée par la chaleur, l'acide azotique et l'acide phénique. Les carbonates de soude et de potasse la précipitent aussi.

Ce corps décrit la première fois par Gannal se rapproche beaucoup de la *fibrine dissoute* de Denis et il présente d'un autre côté quelques propriétés de la caséine.

CHAPITRE SEPTIÈME

ACTION DES FORCES PHYSICO-CHIMIQUES SUR CES DIFFÉRENTES SUBSTANCES : PRODUITS DE DÉCOMPOSITION ET DE TRANSFORMATION.

L'action des forces physico-chimiques sur les matières albumineuses peut être ramenée à cinq chefs principaux : *Chaleur, Acides, Alcalis, Oxydants, Ferments.*

Chaleur. — Aucune des substances qui nous occupent

n'est volatile et elles se décomposent toutes sous l'influence de la chaleur. Elles commencent d'abord par fondre et se boursoufler, puis elles perdent de l'eau et se caramélisent en donnant une odeur qui rappelle le rôti ou la corne brûlée. A la distillation sèche elles donnent un liquide complexe (1), d'une odeur fétide, et des gaz. Le liquide recueilli se sépare en deux couches : l'une aqueuse, qui contient des sels ammoniacaux formés par l'union de l'ammoniaque avec les acides provenant de la matière azotée (sulfurique, acétique, butyrique, valérique, caprique, etc...), qui sont eux-mêmes des produits de décomposition ; l'autre traitée par l'acide chlorhydrique, laisse enlever à cet acide des alcalis volatils appartenant à la série grasse (méthylamine, propylamine, butylamine, etc...), de l'aniline, de la toluidine et des corps isomères appartenant à la série aromatique, et des substances isomères de ces derniers, mais dérivant en réalité de la décomposition par la chaleur des combinaisons que peuvent former avec l'ammoniaque les aldéhydes et les acétones de la série grasse, telles sont la picoline, la lutidine, le pyrrol, etc...

Le résidu insoluble dans les acides renferme des phénols, de la benzine et d'autres composés homologues. On y trouve aussi des composés oxygénés indéterminés. Le charbon qui reste comme résidu de cette distillation est très-azoté ; il était employé autrefois pour la préparation des cyanures.

Acides. — L'action des acides est différente suivant qu'ils sont employés étendus ou concentrés. Dans le pre-

---

(1) Huile animale de Dippel des anciennes Pharmacopées.

mier cas il y a une espèce de solution des principes albumineux qui acquièrent ainsi des propriétés différentes. Le deuxième cas peut lui aussi donner lieu à un phénomène de dissolution, mais il se forme en même temps des produits de transformation et de dédoublement dont la chaleur favorise la formation.

En 1842, Bouchardat (1) observa que certaines matières albuminoïdes se dissolvaient dans les acides faibles. Il poursuivit ses études spécialement avec l'acide chlorhydrique et il émit l'idée que les solutions ainsi obtenues étaient semblables à celles provenant de l'action du suc gastrique sur ces matières, c'est-à-dire que c'étaient des *albuminoses*. Ces faits furent étudiés par un grand nombre de chimistes allemands : Liebig, Brucke, Hoppe Seyler, etc., et ces savants reconnurent des propriétés à peu près identiques aux solutions obtenues avec des matières albuminoïdes différentes. Cette similitude de propriétés leur fit admettre que l'on obtenait ainsi une seule et même substance qui fut appelée *syntonine*, nom que Liebig avait créé pour désigner la matière obtenue en dissolvant le tissu musculaire dans l'acide chlorhydrique affaibli et en neutralisant la liqueur.

Cette idée séduisante de l'existence d'une seule et même syntonine dérivant de toutes les matières albuminoïdes nous paraît bien hasardée, malgré l'égalité à peu près constante du pouvoir rotatoire 70° à 74° et l'espèce d'analogie de propriétés que présente cette matière. C'est, il nous semble, trop se hâter que de conclure à l'identité de corps provenant d'une source différente en se basant

---

(1) Bouchardat, *Comptes rendus*, t. XIV, p. 962.

sur l'observation du pouvoir rotatoire quand ces corps sont très-peu solubles, et sur les caractères à peu près semblables qu'ils fournissent quand on les traite par les réactifs.

(1) Les acides minéraux concentrés, en agissant sur les matières albumineuses, donnent des produits humiques, des corps incristallisables mal étudiés et des substances cristallines qui paraissent toutes rentrer dans la classe des amides.

De ce nombre sont :

1° Le *Glycocolle* $C^4H^2(AzH^3)O^4$. — Amide de l'acide glycolique $C^4H^4O^6$.

2° La *Leucine* $C^{12}H^{10}(AzH^3)O^4$ acide hexyllactamique ou oxycaproammine, dérivé amidé de l'acide oxycaproïque ou hexyllactique $C^{12}H^{12}O^6$.

3° La *Tyrosine*, $C^{18}H^8(AzH^3)O^6$ qui paraît être de l'acide amido-propionique $C^6H^4(AzH^3)O^4$ dans lequel le radical oxyphényle $C^{12}H^5O^2$ est venu remplacer un atome d'hydrogène, ou bien encore l'amide d'un acide inconnu $C^{18}H^8O^8$.

Toutes les matière albumineuses fournissent les dérivés précédents, mais pas dans des proportions identiques. Erlenmeyer et Schæffer (2) ont étudié l'action d'un mélange de 1 p. acide sulfurique monohydraté et de 1,5 p. d'eau en le faisant agir à l'ébullition pendant trois à dix heures dans la proportion de 1 p. du mélange pour 5 de matière

---

(1) Nous avons vu dans notre avant-propos le parti que l'on peut tirer de l'acide chlorhydrique au point de vue de la classification des matières albuminoïdes, nous n'y reviendrons pas.

(2) Erlenmeyer et Schæffer. *Journ. f. p. Chem.* t. LXXX, p. 367.

azotée. Au bout de ce temps la réaction est complète ; ils ont obtenu pour 100 p. de

	Leucine.	Tyrosine.
Fibrine du sang. . . .	14	0.8
Fibrine des muscles . .	18	1
Albumine de l'œuf . . .	10	1

La production de la leucine sur les matières animales azotées fut remarquée la première fois par Braconnot (1) en 1820, et celle de la tyrosine par Liebig (2). Ces deux substances cristallines sont celles qui se forment généralement en plus grande quantité, mais elles ne sont pas les seules à se former dans ces conditions. La caséine donne de la leucine, de la tyrosine et un résidu sirupeux. Il est probable que dans la décomposition des matières albumineuses il se produit des hydrates de carbone qui eux-mêmes se trouvent détruits ou modifiés. La présence de certains acides gras tendrait certainement à justifier cette hypothèse; elle serait du reste démontrée par l'expérience non confirmée de Lehmann qui prétend que l'hématocristalline produit du glucose en se dédoublant (3).

Action de l'acide iodhydrique. — En faisant agir l'albumine sur quatre-vingts fois son poids d'acide iodhydrique en solution saturée, M. Berthelot (4) a obtenu de l'ammoniaque, des carbures forméniques liquides, de l'hydrogène sulfuré, beaucoup d'hydrogène, et il s'est produit une trace de matière charbonneuse et visqueuse. Les carbures forméniques soumis à la distillation se sont comportés comme un

---

(1) Braconnot, *Ann. de Ch. et de Phys.* t. XIII, p. 114.
(2) Liebig, *Ann. der Ch. und Pharm.* t. LVII, p. 127.
(3) Lehmann, *Comptes rendus,* t. XL, p. 774.
(4) Berthelot, *Bull. soc. Ch.* t. IX, p. 191.

mélange; ils entraient en ébullition à 70° et ils ont continué à passer à une température très-élevée. Ces carbures multiples répondent, sans aucun doute, aux composants multiples de l'albumine et aux dédoublements que ces composants peuvent éprouver avant 275°.

Nous étudierons plus loin l'action des acides chromique et azotique.

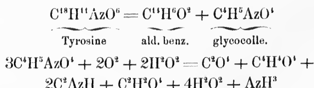
Alcalis. — L'action des alcalis sur les matières albumineuses est en tout point semblable à celle des acides. Les solutions alcalines étendues transforment ces substances en syntonine précipitable par la neutralisation de la liqueur. Les syntonines ainsi obtenues possèdent un pouvoir rotatoire plus grand que celles obtenues par l'action des acides. Elles nous paraissent bien identiques au corps que Mulder désignait sous le nom de *protéine*, qu'il croyait être le même pour toutes les matières albumineuses et qu'il considérait comme le radical de cette classe de corps. —La syntonine, comme la protéine de Mulder, contient du soufre qui ne peut être mis en évidence que par voie sèche.

Les matières albuminoïdes bouillies avec des liquides alcalins laissent déposer une partie de leur soufre à l'état d'hyposulfite et de sulfure. Chauffées avec de l'hydrate de potasse fondu dans son eau de cristallisation, elles donnent un dégagement d'hydrogène, d'ammoniaque, d'ammoniaques composées de la série grasse, de picoline, d'aniline et de bases analogues; et enfin des sels à acides gras, (formiate, acétate, butyrate, valérate, etc...), de l'oxalate de potasse, des cyanures, du glycocolle, de la leucine, de la tyrosine, etc...

Action des oxydants. — En soumettant la fibrine, la

caséine et l'albumine privées de matières grasses à l'action d'un mélange d'acide sulfurique et de bioxyde de manganèse, Guckelberger a obtenu tous les acides volatils de la série grasse $C^{2n}H^{2n}O^4$ depuis l'acide formique jusqu'à l'acide caprylique exclusivement, ainsi que la plupart des aldéhydes correspondants. Il a aussi caractérisé l'acide benzoïque $C^{14}H^6O^4$ et l'essence d'amandes amères $C^{14}H^6O^2$.

En employant l'acide chromique comme oxydant, on obtient encore tous ces produits, mais on remarque en outre la formation d'acide cyanhydrique et de presque tous les nitriles des acides précédemment cités ainsi que celle d'un corps possédant l'odeur d'essence de cannelle. Dans ce dernier cas, le résidu de la distillation additionné de chaux ne donne plus lieu au dégagement d'ammoniaque que l'on observe sur le résidu provenant du traitement par l'acide sulfurique et le bi-oxyde de manganèse. Le corps à odeur d'essence de cannelle serait, d'après Frœhde (1), un aldéhyde donnant par oxydation un acide homologue de l'acide benzoïque, l'acide collique, $C^{12}H^4O^4$. Il a de plus signalé la présence d'un autre composé qu'il croit être de l'acide toluique $C^{16}H^8O^4$. — Tous ces composés sont certainement des produits d'oxydation dérivés des produits de dédoublement. La décomposition remarquable de la tyrosine en aldéhyde benzoïque, glycocolle, acides formique, acétique, cyanhydrique, nous en fournit une preuve :



$$\underbrace{C^{18}H^{11}AzO^6}_{\text{Tyrosine}} = \underbrace{C^{14}H^6O^2}_{\text{ald. benz.}} + \underbrace{C^4H^5AzO^4}_{\text{glycocolle.}}$$

$$3C^4H^5AzO^4 + 2O^2 + 2H^2O^2 = C^2O^4 + C^4H^4O^4 + 2C^2AzH + C^2H^2O^4 + 4H^2O^2 + AzH^3$$

(1) FRŒHDE. *Journ. f. pr. Chem.*, t. LXXX.

L'acide nitrique donne avec les matières albumineuses une substance jaune insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther. (acide xanthoprotéique) dont la couleur devient orangée sous l'influence de l'ammoniaque. En oxydant cet acide, on a obtenu les acides oxybenzoïque et paraoxybenzoïque. Ce corps n'est pas le seul formé ; on a encore signalé la présence de certains corps mal définis. Mulhaeuser dit même avoir isolé de ce mélange un dérivé de l'acide malique et de l'acide aspartique, l'*acide fumarique* $C^8H^4O^8$.

Ce même chimiste en soumettant à la distillation de l'albumine additionnée d'un mélange d'acide azotique et chlorhydrique étendu a obtenu une substance azotée chlorée très toxique qu'il appelle *chlorazol*, et à laquelle il attribue la formule $C^8 H^3 Cl^3 Az O^8$.

Berzelius a signalé la présence de l'acide oxalique dans les produits d'oxydation par l'acide azotique. La formation de cet acide dans ces circonstances est du reste confirmée par les expériences de Hlasiwetz et Habermann.

Dans le but de retirer de l'acide gluconique des matières albuminoïdes et de démontrer l'existence des hydrates de carbone dans ces composés, ces chimistes ont traité par le brome de la caséine, de la fibrine et de l'albumine. Ces matières ne s'étant pas décomposées de la même façon, ils ont conclu que ces corps présentent une constitution différente. Ils n'ont pas trouvé d'acide gluconique parmi les produits de décomposition, mais ils ont caractérisé les acides bromobenzoïque, tribromamidobenzoïque, bromacétique, caproïque, oxalique, aspartique, et son isomère, l'acide malamique, du bromanile et du bromoforme; et cela dans les proportions suivantes pour l'albumine et la caséine :

	Albumine de l'œuf.	Caséine.
Bromoforme.	29.9	37
Acide bromacétique . . .	22	22.1
» oxalique	12	11.2
» aspartique ou malamique	23.8	9.3
Leucine	22.6	19.1
Bromanile.	1.5	0.3

Dans les produits neutres on ne trouve pas de tyrosine, probablement à cause de sa transformation en bromanile et en acétone chlorée ; mais on trouve de la leucine, de la leucimide $C^{12}H^{11}AzO^2$ et des matières azotées analogues aux peptones. L'acide glutamique considéré par Kreusler comme produit spécial de décomposition des matières albuminoïdes végétales n'a pas été trouvé. Il n'existe pas dans les produits de décomposition par le brôme ; mais la caséine traitée par un mélange d'acide chlorhydrique et de chlorure stanneux fournit 29 °/₀ de cet acide (1).

Si nous envisageons dans leur ensemble ces différents produits de décomposition, nous nous voyons conduits à considérer les matières albumineuses comme des dérivés de la série grasse et de la série aromatique.

En 1856 Béchamp (2) signala l'urée comme produit d'oxydation de l'albumine par le permanganate de potasse en solution alcaline. Le rôle physiologique important de cette substance attira l'attention sur cette découverte, et des recherches faites par Staedeler, Loew, Subbotin pour la confirmer donnèrent à tous ces chimistes des résultats négatifs. Plus récemment, dans un mémoire présenté à la Société chimique, Ritter (3) confirme les expériences de

(1) Hlasiwetz et Habermann, *Weiner Azzeiger*, 1873, p. 92.

(2) Béchamp. *Ann. de ch. et de phys.*, t. XLVIII, p. 348.

(3) Ritter, *Bull. Soc. chimique*, t. XVI, p. 32.

Béchamp. Il dit avoir obtenu environ 3 °/₀ d'urée de l'albumine humide et environ 2,7 °/₀ de la fibrine et il indique le procédé qu'il a employé et les causes qui ont amené l'erreur des chimistes allemands.

D'après Gorup Besanez (1), l'air ozonisé posséderait la propriété de communiquer une réaction acide aux solutions d'albumine et, après un contact suffisamment long de ce corps singulier, l'albumine ne serait plus coagulable par la chaleur, par les acides minéraux et les sels métalliques.

Ferments. — On comprend aujourd'hui sous le nom de fermentation une réaction chimique dans laquelle une substance organique (*la matière fermentescible*) se modifie sous l'influence d'un autre composé organique (*le ferment*) et fournit aux dépens de sa propre substance des produits de décomposition très-variables.

Les ferments sont des corps qui se rapprochent beaucoup des matières albuminoïdes, mais ils en sont cependant très-distincts. En effet, ils ne contiennent pas de soufre, ne sont pas colorés en jaune par l'acide azotique et sont très-facilement entraînés par des précipités amorphes formés au sein même de leurs dissolutions. Nous ne devons donc pas considérer les corps qui nous occupent comme des ferments, mais bien comme des substances fermentescibles pouvant en favoriser le développement.

Pris à l'état sec, aucun d'eux ne peut fermenter, car la présence de l'eau et d'une température convenable sont absolument nécessaires à toute fermentation. Cette par-

(1) Gorup Besanez, *Ann. der ch. und Pharm.*, t. LX, p. 86.

ticularité nous conduit forcément à considérer l'action des ferments sur des solutions albumineuses et les produits provenant de la putréfaction desdites substances en solution.

Beaucoup de ferments sont susceptibles d'agir sur les solutions d'albumine, mais celui qui nous présente le plus d'intérêt est certainement la *pepsine*. — Ce ferment n'agit sur les matières albumineuses qu'en présence d'un acide libre (chlorhydrique, lactique, phosphorique). Pour mettre son activité en évidence, il suffit de traiter de la fibrine du sang par une solution d'acide chlorhydrique au 5/1000ᵉ. La fibrine se gonfle sans se dissoudre, même après un contact prolongé ; mais, vient-on à ajouter au mélange maintenu à 35° une faible quantité de pepsine, la liquéfaction s'opère en quelques minutes. On obtient ainsi, comme premier terme de décomposition, de la *syntonine* qui elle même finit par se convertir en *peptone* non coagulable et très-diffusible.

Mais l'action de la pepsine ne tarde pas à être entravée par les produits de décomposition de la matière albumineuse, et, si les produits dialysables ne sont pas enlevés au fur et à mesure de leur formation, l'action des ferments se trouve diminuée. Brucke va jusqu'à prétendre qu'une même quantité de pepsine possède une action indéfinie si on enlève par dialyse tous les produits de transformation qui sont diffusibles. Nous nous contenterons de signaler le fait brutal, car, en cherchant à énumérer tous les produits que l'on a cru obtenir par l'action de la pepsine, nous serions forcés de faire un long historique de cette question et de développer de nombreuses opinions qui ne sont que des interprétations plus ou moins exactes des phénomènes que nous venons de mentionner.

Putréfaction. — La putréfaction des matières albumineuses peut-être classée dans les fermentations vraies ou fermentations organisées. Longtemps on a cru que l'oxygène en était le *primum movens*, mais Pasteur (1) a démontré que la putréfaction des matières organisées soustraites à la vie était provoquée par le développement d'infusoires vivant aux dépens du principe azoté dont ils déterminent l'altération, et que ces infusoires, comme ceux du ferment butyrique, meurent au contact de l'oxygène.

Ces faits connus, il nous sera plus facile de suivre l'altération profonde que subissent les solutions albumineuses abandonnées à elles-mêmes à une température de 20 à 35°. Examinons donc cette décomposition.

Abandonnés à l'air, ces liquides ne tardent pas à se recouvrir de productions microscopiques ; ils perdent de leur cohérence, absorbent de l'oxygène et dégagent des produits volatils d'une odeur infecte. Parmi les produits gazeux on peut citer : l'azote, l'hydrogène, des hydrogènes carbonés, sulfurés, phosphorés (2).

La putridité va quelquefois en augmentant ainsi que les moisissures qui flottent sur le liquide et les microzoaires qui occupent le fond du vase ; puis la décomposition change de nature, elle diminue d'intensité, et la matière putréfiée finit par se dessécher en laissant un résidu très-complexe.

Au commencement de la fermentation, les infusoires apparaissent d'abord sous forme de fines granulations libres ou englobées dans une matière semi-mucilagineuse (*zoogléa*), tandis qu'à la surface du liquide il se

---

(1) Pasteur. — *Compt. rendus*, t. LIV, p. 738.

(2) Ce dernier n'est pas admis par tout le monde.

forme une couche mince de mucédinées, de bactéries, de mucors, etc.... Les infusoires primitivement formés privent rapidement le liquide de tout son oxygène, tandis que les vibrions qui en sont très-avides n'en laissent passer aucune trace venant de l'atmosphère.

La matière albuminoïde fournissant un aliment à ces petits êtres, ils se multiplient avec rapidité à ses dépens et la transforment en substances moins complexes, avec formation de gaz putrides, tandis que les vibrions qui occupent la surface du liquide comburent activement les produits de ces dédoublements. Nous avons là deux actions bien distinctes : une action réductrice dans l'intérieur du liquide, et une action oxydante à la surface.

Le résidu pourra donc nous offrir des produits de réduction et d'oxydation des matières albumineuses. Ces produits sont très-nombreux. Parmi ceux qui sont gazeux nous avons déjà cité l'azote, l'hydrogène, des hydrogènes carbonés, phosphorés, sulfurés, de l'ammoniaque libre ou combiné, enfin de l'acide carbonique. Le mélange de ces divers gaz ou un entraînement des particules organiques en voie de décomposition permettent de se rendre compte de l'odeur fétide que donnent ces matières en se putréfiant. — Le liquide putréfié est alcalin ; on y rencontre toujours les acides de la série grasse jusqu'à l'acide caprylique, et de l'acide lactique. Ces acides sont combinés à l'ammoniaque ou à des alcalis organiques mal déterminés. La leucine et la tyrosine se rencontrent également dans la liqueur, mais en proportion variable avec les diverses substances que l'on abandonne à la putréfaction.

L'azote des matières albumineuses se trouve ainsi éliminé, en partie à l'état de liberté, en partie combiné à l'hydrogène pour former de l'ammoniaque, ou sous forme

d'alcalis complexes. On trouve aussi des nitrates provenant certainement de l'oxydation des substances alcalines.... Ainsi, même dans la putréfaction, nous voyons les substances albumineuses se dédoubler en corps appartenant à la série grasse et à la série aromatique.

Schœnbein (1) ayant abandonné au contact de l'air une solution albumineuse, et l'ayant filtrée au moment où des pellicules commençaient à se former, obtint une liqueur fluorescente perdant sa fluorescence sous l'influence d'un acide et la reprenant au contraire par l'addition d'un alcali. Il considéra ce corps comme analogue à l'*esculine* (diglucoside esculétique).

La bile de bœuf fétide, la membrane duodénale abandonnées pendant plusieurs jours en contact avec du sang à une température de 25 à 30° lui font perdre son alcalinité et le transforment en une matière albumineuse présentant certaines propriétés de la caséine. Le sérum abandonné à lui-même au contact de l'air subit la même transformation au bout de quelque temps (2). Gunning, lui aussi, prétend que par une putréfaction prolongée, la fibrine donne une matière présentant quelques propriétés de la caséine, mais en différant par sa non-précipitation par le sulfate de magnésie. Il fait dériver cette dernière d'une espèce d'albumine provenant de la putréfaction de la fibrine, fait reconnu depuis longtemps par Wurtz et Bopp.

Sullivan signale une réaction toute contraire : il prétend que la caséine du lait peut se transformer en albumine pendant la fermentation lactique après deux ans de conservation en vase clos.

---

(1) Schœnbein. — *Journ. fur pr. Ch.*, t. XLII, p. 167.
(2) Hoffmann. — *Journ. de Ph. et de Chim.* (²) t. IV, p. 214.

Outre l'albumine, Wurtz a reconnu et parfaitement caractérisé l'acide butyrique parmi les produits de putréfaction de la fibrine privée de graisse. La liaison intime qui existe entre les acides gras volatils et les corps gras neutres permet de supposer que la fibrine peut dans certaines circonstances se transformer, non plus en acide butyrique, mais en corps gras neutres. Quand même cette transformation ne serait pas opérée artificiellement, on comprend très-bien que dans certaines circonstances elle puisse s'effectuer dans l'organisme.

Influence de l'eau. — La théorie que nous avons donnée des fermentations nous laisse apercevoir que les matières albumineuses en solution aqueuse peuvent être soustraites à l'influence des ferments. C'est ce qui arrive, en effet, quand on les conserve à l'abri de l'air ou en contact avec de l'air filtré (l'oxygène produit alors des phénomènes d'oxydation), ou bien encore à une température comprise entre 0° et — 8°.

Ayant abandonné à l'air pendant un mois une solution concentrée d'albumine à une température comprise entre 0° et — 8°, Couerbe trouva dans cette liqueur une espèce de réseau membraneux qu'il appela oonin et qu'il considéra comme une substance non azotée, soluble dans la potasse et l'acide chlorhydrique.

Des expériences de Vauquelin faites en 1820 il ressort qu'une solution d'albumine conservée à l'abri de l'air donne encore les réactions de l'albumine au bout de deux ans, et qu'elle ne perd complétement cette propriété qu'après une conservation de cinq années. Traitée par l'eau à 15° pendant six mois, l'albumine de l'œuf devient en partie incoagulable, si on a soin d'empêcher sa putréfaction. Si on opère avec de l'albumine de l'œuf dialysée, on obtiendra dans ces con-

ditions une partie soluble et l'autre insoluble. La partie soluble contient une matière possédant les propriétés de la caséine, une substance précipitable par l'acétate de cuivre et analogue à l'hypoxanthine, ($C^{10} H^4 Az^4 O^4$) et une autre partie soluble dans l'alcool, qui se sépare en plusieurs parties par les réactifs des albuminoïdes (sublimé, acétate de plomb, etc.) (1).

Si l'on opère à 150°, on obtient avec toutes les matières albumineuses une solution contenant un principe azoté précipitable par les acides et non précipitable par l'alcool. La fibrine seule donne une liqueur précipitable par l'alcool (2). A 200° l'albumine coagulée se dissout complétement si l'on opère en vase clos, mais il y a formation de produits empyreumatiques. Elle a perdu alors sa coagulabilité : la fibrine des muscles, du sang se comporte de même. Les acides agissent sur ces solutions comme sur les solutions d'albumine.

(1) Gautier, *Bull. Soc. Chim.* t. XIV, p. 177.
(2) Werner Schmidt, *Zeitschrift f. Anal. Chemie*, t. VIII, p. 130.

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE UNIQUE

Constitution. — Rôle et fonction chimique des matières albumineuses

Il est bien difficile de se faire une idée exacte de la constitution des matières albumineuses, en présence de leur état toujours amorphe et des difficultés insurmontables que l'on éprouve pour les débarrasser des matières minérales dont elles sont naturellement accompagnées. Ces causes font perdre à l'analyse élémentaire beaucoup de son importance, car les différences de composition présentées par l'analyse peuvent être attribuées à des impuretés. Un fait cependant doit ressortir des résultats qu'elle a fournis, c'est la constance du poids des corps simples, quelle que soit la matière considérée.

Le tableau suivant, qui représente une moyenne d'un grand nombre d'analyses, nous montre le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote, éléments constitutifs de ces substances, en proportion à peu près semblable dans 100 parties d'albumine, de fibrine, etc... Les différences les plus

considérables que l'analyse élémentaire ait fournies sont dans les proportions de soufre que nous avons réuni à l'oxygène dans ce tableau, mais qui varient selon les auteurs de 0,5 à 1,55 et même à 1,8 °/ₒ.

	ALBUMINE.		SÉRINE.		CASÉINE.		FIBRINE.	
	Dum. et Cah.	Scherer.	Dum. et Cah.	Mulder.	Dum. et Cah.	Scherer.	Dum. et Cah.	Scherer.
C	54.3	54.3	53.4	53.7	53.5	54	52.8	54
H	7.1	7.1	7.2	7.1	7.1	7.2	7	6.8
Az	15.8	15.7	15.7	15.8	15.8	15.7	16.5	15.7
O	21	22.9	23.7	23.4	23.6	23.1	23.7	23.5
S	1.8							

L'analyse intermédiaire n'a pas fourni de résultats plus exacts, elle ne nous a pas présenté cette gradation continue de corps s'échelonnant pour ainsi dire les uns les autres, qui permet au chimiste de descendre du corps le plus composé au corps le plus simple et de remonter du simple au composé. Elle nous a seulement permis de reconnaître la nature des dérivés fournis par les matières albumineuses, dérivés qui appartiennent tous à la série grasse et à la série aromatique.

Bien avant que ces produits soient connus, en 1838, Mulder avait vu que l'on obtenait un précipité en traitant une substance albumineuse par une solution alcaline moyennement concentrée, dont on saturait ensuite l'alcali par un acide faible. Ayant cru reconnaître à ce précipité des propriétés identiques pour toutes les matières albuminoïdes soumises au même traitement, il le considéra comme le noyau fondamental de chacune d'elles, et ce produit qui fut alors appelé par lui *protéine* n'est autre que celui que nous avons étudié sous le nom de *syntonine*. Mulder ne trouva ni soufre

ni phosphore dans ce composé, et différentes analyses lui ayant prouvé qu'il renfermait les éléments organiques dans les mêmes proportions que les corps qui l'avaient fourni, il supposa que l'oxygène, le soufre, le phosphore unis en proportion variable à la protéine formaient toutes les substances albuminoïdes, et il leur donna le nom de *corps protéiques*.

Il représentait :

La protéine	par la	formule	$C^{80}H^{62}Az^{10}O^{24}$
La caséine	»	»	$C^{80}H^{62}Az^{10}O^{24} + S^{2}$
La fibrine et l'albumine de l'œuf	»	»	$C^{80}H^{62}Az^{10}O^{24} + S^{2}Ph$
L'albumine du sérum	»	»	$C^{80}H^{62}Az^{10}O^{24} + S^{4}Ph$

Nous ferons remarquer que la formule qui représente le poids moléculaire de sa protéine ne correspond pas du tout à la composition qui lui est aujourd'hui reconnue, non-seulement parce qu'elle ne contient pas de soufre, mais encore parce que les éléments n'y sont pas associés en proportion convenable.

Cette théorie séduisante fut adoptée par tous les chimistes de l'époque, et l'appui que Berzelius lui accorda explique facilement les traces que l'on en retrouve encore aujourd'hui. Elle fut cependant combattue en 1842 par Liebig, qui montra que la protéine de Mulder n'était pas un produit homogène et qu'elle contenait du soufre. L'analyse élémentaire de certaines matières albumineuses lui ayant fourni des nombres à peu près identiques, il les considéra comme isomères, c'est-à-dire douées d'une composition semblable, mais différant par leurs propriétés chimiques, leur arrangement moléculaire et leurs dédoublements. Cette manière de voir ne se trouve justifiée ni par les analyses que nous avons déjà données de ces substances, ni par les produits de dédoublement qu'elles donnent. Ces produits

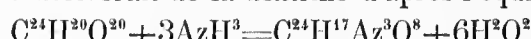
sont, en effet, toujours à peu près les mêmes, mais on les obtient en proportion variable.

Elle fut cependant admise par Gerhardt qui, en 1856, écrivait : « Ces matières possèdent non-seulement la même « composition mais encore la même constitution chimique. « Elles ne diffèrent que par leur état physique ou par la « nature des substances minérales avec lesquelles elles « sont combinées. Il y aurait donc un principe faible qui, « tantôt soluble, tantôt insoluble, constituerait l'albumine, « la caséine, la fibrine, suivant qu'il serait ou non combiné « avec les alcalis ou mélangé avec les sels étrangers. Si « l'on conserve à ce principe le nom d'albumine, on peut « dire que le blanc d'œuf et le sérum solubles et coagu- « lables par la chaleur sont formés de bialbuminat de « soude, que la caséine du lait soluble et incoagulable par « la chaleur représente de l'albuminate neutre de po- « tasse, que la fibrine est l'albumine insoluble coagulée « plus ou moins mélangée de phosphates terreux. » Eichwald (1), Soxhlet admettent encore que les matières albumineuses constituent des combinaisons d'un même principe, soit avec les alcalis, soit avec certaines substances colloïdes ou cristalloïdes. Gautier, (2) n'est pas éloigné non plus de cette idée quand il considère l'albumine de l'œuf comme un albuminat alcalin dans lequel l'albumine de Wurtz jouerait le rôle d'acide.

En faisant bouillir pendant quelques jours de la colle de poisson avec de l'acide sulfurique dilué, Gerhardt obtint du sulfate d'ammoniaque et une quantité assez considérable

(1) Eichwald. *Bull. Soc. Chim.*, 1873, t. XX, p. 414.
(2) Gautier. — *Bull. soc. ch.* t. XIV, p. 177.

de matière sucrée (1). Berzelius, lui aussi, dit avoir obtenu de l'*acide saccharique* en traitant la gélatine par l'acide azotique (2). S'emparant de ces faits, Sterry-Hunt (3) a imaginé une théorie fort simple et très-ingénieuse à laquelle il ne manque que l'appui de l'expérience. Elle consiste à envisager les matières albumineuses comme dérivées de certains hydrates de carbone par substitution de l'ammoniaque à un nombre variable de molécules d'eau. Ainsi, l'albumine dériverait de la dextrine d'après l'équation :



$$C^{24}H^{20}O^{20}+3AzH^{3}=C^{24}H^{17}Az^{3}O^{8}+6H^{2}O^{2}$$

D'après lui, la fibrine serait un nitrile de la cellulose, et l'albumine et la caséine des nitriles de la dextrine, de la gomme, etc...

Si nous comparons le rapport du poids des éléments constitutifs de 100 parties de la molécule d'albumine ainsi admise, avec ceux que donne l'analyse directe, non-seulement nous n'y trouvons pas de soufre, mais encore nous y rencontrons une proportion exagérée de carbone et d'hydrogène, ainsi que le prouve le tableau suivant calculé d'après ces formules :

	Albumine Sterry-Hunt	Albumine
C	64	54.3
H	7.56	7.1
Az	14.22	15.8
O	14.22	21
S	00.00	1.8

Malgré tout, cette théorie a encore des défenseurs, et

(1) Gerhardt. — *Chimie app. à la phys. végét.* p. 287.
Ce fait a été reconnu faux par M. Berthelot.
(2) Berzelius. — *Lehrb. d. Chemie*, t. IX, p. 800.
(3) Sterry-Hunt. — *Compt. rendus*, t. L, p. 1186.

dans le nombre, on peut citer : Dusart (1) qui prétend avoir obtenu une matière organique azotée, que le tannin rend imputrescible et contenant 14 °/₀ d'azote, en chauffant en vase clos à 150° du glucose, du sucre de lait ou de l'amidon avec de l'ammoniaque liquide : Schoonbroodt, Fischer et Boedecker, qui ont obtenu un glucose non fermentescible, mais réducteur, en faisant bouillir des cartilages avec des acides minéraux. Cette théorie n'est pas du reste justifiée par l'expérience, car nous avons vu que parmi les produits de dédoublement et de décomposition on n'en trouve aucun qui rappelle ceux fournis par les hydrates de carbone.

On a trouvé du sucre dans les produits de dédoublement de la chondrine et de la chitine ; mais quel est le lien qui rattache ces substances aux composés albumineux ? Il serait difficile à présent de le dire. Aussi, cette théorie nous paraît un peu trop prématurée quand même elle devrait avoir plus tard quelque raison d'être.

L'idée de l'isomérie n'est pas encore abandonnée aujourd'hui, et M. Béchamp pense que toutes les matières albumineuses sont des espèces distinctes que le pouvoir rotatoire suffit à caractériser. Mais n'est-ce pas pousser un peu loin l'idée de l'espèce et de l'isomérie que de voir dans le blanc d'œuf deux espèces d'albumine et une zymose, deux autres dans le jaune et une lecithozymose, deux nouvelles dans le lait avec une galactozymose, quand on opère sur des corps si facilement modifiables et quand nous voyons les corps gras posséder des propriétés semblables, une composition centésimale à peu près identique et être loin de l'isomérie. Ce savant n'a pas terminé ses

---

(1) Dusart. — *Compt. rendus*, t. LII, p. 974.

recherches, et, à notre grand regret, il n'a pas publié la manière dont il a obtenu ces différents corps. Cette lacune amène déjà des complications, car à peine les observations de M. Béchamp étaient-elles parues que Millon et Commaille se sont déjà demandé si la *galactozymose* de Béchamp n'est pas la même matière que leur *lactoprotéine*. L'explication de ces savants éclaircira, nous l'espérons, ce point délicat.

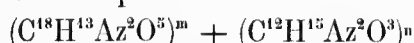
M. Commaille, dans un travail (1) où il multiplie encore le nom de quelques substances albumineuses, a fait un essai de classification basé sur la quantité de platine qu'elles retiennent quand on les traite par une solution de chlorure de platine. Il obtient ainsi des précipités qui possèdent une composition différente suivant la matière albumineuse employée, mais dans lesquels la proportion de platine est constante, que l'on agisse sur des solutions acides ou alcalinisées par la soude. Mais, avant d'aller plus loin, disons que pour lui l'albumine coagulée est de la pexine, la sérine de la sérosine, l'albumine de l'urine de l'uralbumine. Il a trouvé que les précipités formés retenaient, suivant les matières albumineuses employées, de 3 à 11 °/₀ de platine, et, se basant pour en établir la classification sur la quantité de platine qu'elles retiennent, il range :

La caséine qui en retient	7 °/₀	dans le	3e groupe.
La pexine, la fibrine, la sérine, l'hydropisine, qui en retiennent.	8 °/₀	»	4e »
L'albumine qui en retient.	10 °/₀	»	5e »
La globuline, la musculine et l'uralbumine qui en retiennent.	11 °/₀	»	6e »

Ces résultats sont importants au point de vue de la

(1) Commaille, *Thèse de Montpellier*, 1865.

distinction en espèces, mais là s'arrête l'intérêt que nous présente le travail de M. Commaille que nous ne comprenons plus quand, oubliant que tous les composés albumineux contiennent du soufre, il les représente comme des corps quaternaires formés par l'union de deux molécules complexes, leucine amidée ($C^{12}H^{15}Az^2O^3$) et tyrosine amidée ($C^{18}H^{13}Az^2O^5$), de sorte que la formule de ces corps pourrait être représentée par



$$(C^{18}H^{13}Az^2O^5)^m + (C^{12}H^{15}Az^2O^3)^n$$

La tyrosine a pour formule $C^{18}H^{11}AzO^6$, la leucine $C^{12}H^{13}AzO^4$. Comment admettre les amides dont M. Commaille donne la formule ? On ne peut le faire qu'en substituant AzH^3 à HO. Or ce phénomène de substitution est contraire à toutes les lois établies en chimie organique ; de plus, ces formules sont en désaccord avec les observations faites sur les composés organiques représentés par quatre volumes de vapeur. En effet, on a remarqué que dans les composés formés de carbone, d'hydrogène, d'azote, d'oxygène, le nombre qui représente l'équivalent de l'oxygène est toujours pair, et que la somme des équivalents du carbone, de l'hydrogène, de l'azote est paire aussi de son côté. Les formules que M. Commaille donne à la leucine amidée et à la tyrosine amidée fourniraient donc deux exceptions à ces remarques générales faites par tous les chimistes.

Avec le platinocyanure de potassium, Schwartzenbach (1) a obtenu des résultats qui diffèrent beaucoup de ceux que Commaille a obtenus avec le chlorure de platine. En prenant pour poids moléculaire de l'albumine la formule

(1) Schwartzenbach. *Ann. der Ch. und Pharm.*, t. CXLIV, p. 62.

donnée par Lieberkühn $C^{144}H^{112}Az^{18}O^{24}S^{2} = 1612$, et admettant que la combinaison platinée renferme 2 Cy+K, il a trouvé 5.57 °/₀ de platine dans la combinaison albuminique et 11.173 à 11.346 dans le précipité caséique. Il a aussi recherché le soufre, et il en a trouvé 1.85 à 2.20 °/₀ dans l'albumine et 0.9 à 1.1 dans la caséine.

Si ces résultats sont exacts, le poids moléculaire de l'albumine paraîtrait être le double de celui de la caséine, et l'on pourrait admettre que cette dernière proviendrait d'un dédoublement de l'albumine qui en serait un polymère.

Il a trouvé 5.55 °/₀ de platine dans le précipité fourni par la syntonine et 5.56 °/₀ dans celui fourni par la fibrine. On ne doit pas attacher trop d'importance à de semblables résultats, car Diakonow et Fuschs ont reconnu que les précipités ainsi obtenus avaient une composition d'autant plus variable qu'ils avaient été bien lavés. De plus, rien ne prouve que la substance organique précipitée est dans le même état que lorsqu'elle était isolée.

La platinocyanure de potassium n'en reste pas moins un excellent réactif des matières albumineuses. Il précipite directement celles qui sont insolubles (fibrine syntonine, etc.) et, en présence de l'acide chlorhydrique, celles qui sont solubles. Ces dernières ne sont pas précipitées dans des liqueurs neutres, et l'addition de l'acide acétique ne suffit pas pour déterminer la précipitation.

Nous avons nous-même fait quelques essais dans le but de déterminer quelques espèces albumineuses. La propriété que nous avons reconnue a une solution de bichlorure de mercure additionnée d'une certaine quantité d'acide chlorhydrique de précipiter complétement l'albumine a servi de base à notre travail. Malheureusement nous n'avons obtenu jusqu'ici que des résultats incomplets, et,

comme ils sont le fruit de premières expériences, nous en ajournons la publication afin de pouvoir les répéter.

Ainsi, nous le voyons, la formule des matières albumineuses est encore à trouver, et aucune des théories dont nous venons de rendre compte n'est justifiée par l'expérience. La plus rationelle, à notre avis, est celle qui serait établie sur l'étude attentive de leurs principaux produits de dédoublement. Or nous avons vu l'oxydation des matières albumineuses nous fournir différents acides se rattachant à la série grasse et à la série aromatique, et la destruction de ces mêmes matières nous donner des alcalis rentrant d'une part dans la formule $C^{2n}H^{2n+3}Az$, et d'autres appartenant à la formule $C^{2n}H^{2n-5}Az$, c'est-à-dire rentrant dans les mêmes séries.

Toutes ces matières fournissent donc par leur décomposition des produits appartenant à deux groupes distincts : la série grasse d'une part, la série aromatique de l'autre; et, ce qui varie avec les principes décomposés, ce n'est pas tant la nature des produits que leur proportion. Ces idées sont aussi celles de notre savant maître M. Berthelot; aussi ne croyons-nous pas mieux faire que de lui laisser la parole. « Si, dit-il, nous cherchons une théorie de la constitution « des corps albuminoïdes, celle qui se présente le plus natu- « rellement est la suivante : 1° Les corps albuminoïdes « sont des amides complexes formés par l'association de « la glycollammine, de la leucine, de la tyrosine, etc., avec « certains principes oxygénés qui appartiennent d'une part « à la série acétique et d'autre part à la série benzoïque. « La nature des amides et des corps oxygénés générateurs « ainsi que leurs proportions relatives sont la cause des « différences qui existent entrent les divers corps albumi- « noïdes. Cette théorie représente bien l'ensemble des

« dédoublements de ces corps ; mais elle demanderait à « être précisée par une étude plus complète. Elle paraît « d'ailleurs susceptible de conduire un jour à leur syn- « thèse (1). »

En résumé nous ne connaissons la constitution d'aucune matière albumineuse, et les formules qui en ont été données sont toutes arbitraires et tirées d'analyses élémentaires généralement incomplètes. Dans ces conditions il vaut beaucoup mieux s'abstenir de toute théorie et s'appliquer à étudier les produits de dédoublement de ces corps, seul moyen pratique pour retrouver les générateurs, que d'essayer de construire des théories sans fondement. La chimie, a dit un de nos maîtres (2), est une science essentiellement positive ; les théories passent, les faits restent. Considérons donc la théorie comme un moyen d'étude et de classification, mais n'en exagérons pas l'importance, et soyons prêts à l'abandonner dès qu'elle est en désaccord avec l'expérience.

Principes azotés de l'organisme. — Dans les différents liquides de l'organisme on trouve un grand nombre de substances azotées non albuminoïdes semblables à celles que nous avons obtenues en oxydant les matières albumineuses. Ces corps d'une constitution plus simple et aujourd'hui connue, sont tous cristallisables et paraissent être, les uns des produits de dédoublement de ces matières, les autres des produits d'oxydation. Ils peuvent tous être considérés comme des amides dérivés d'acides différents.

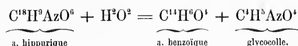
---

(1) Berthelot, *Traité élém. de Chimie organique*, Paris, 1872.

(2) Bourgoin, *Thèse d'agrégation*, 1869.

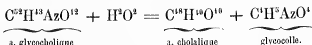
Parmi ces corps les mieux définis, on peut citer : le Glycocolle, la Leucine, la Sarcosine, la Créatine, la Créatinine, la Tyrosine, la Sarcine, la Xanthine, l'acide Urique, l'Allantoïne, l'Urée, l'acide Oxalique, l'acide Hippurique, etc.....

Le *glycocolle,* acide alcali, que l'on peut formuler $C^4H^2(AzH^3)O^4$ prend naissance dans le dédoublement de l'acide hippurique, amide dérivé de l'acide benzoïque et de la fonction alcaline du glycocolle ;



$$\underbrace{C^{18}H^9AzO^6}_{\text{a. hippurique}} + H^2O^2 = \underbrace{C^{14}H^6O^4}_{\text{a. benzoïque}} + \underbrace{C^4H^5AzO^4}_{\text{glycocolle.}}$$

et dans celui de l'acide glycocholique qui est l'amide cholalique de la glycolammine



$$\underbrace{C^{52}H^{43}AzO^{12}}_{\text{a. glycocholique}} + H^2O^2 = \underbrace{C^{48}H^{40}O^{10}}_{\text{a. cholalique}} + \underbrace{C^4H^5AzO^4}_{\text{glycocolle.}}$$

A côté de la glycolammine viennent se ranger :

L'*Alanine* ou *Lactammine* $C^6H^7AzO^4$;

L'*Oxycaproammine* ou *Leucine* $C^{12}H^{13}AzO^4$, donnant par hydratation, le 1er de l'acide lactique $C^6H^6O^6$, le 2e de l'acide hexyllactique $C^{12}H^{12}O^6$, et dans les produits d'oxydation desquels nous ne serons pas surpris de trouver tous les acides homologues inférieurs de l'acide oxycaproïque.

Parmi les produits dérivés de la fonction alcoolique de l'acide oxyacétique $C^4H^4O^6 = C^4H^2(H^2O^2)O^4$ nous pouvons citer : la *Sarcosine* ou *glycolliméthylammine* $C^4H^2(C^2H^5Az)O^4$ dont la synthèse a été réalisée au moyen de l'acide acétique chloré $C^4H^2(HCl)O^4$ et de la méthylammine, et qui prend

aussi naissance en même temps que l'urée par hydratation de la créatine $C^8H^9Az^3O^4$



$$\underbrace{C^8H^9Az^3O^4}_{\text{Créatine}} + H^2O^2 = \underbrace{C^4H^2(C^2H^5Az)O^4}_{\text{Sarcosine}} + \underbrace{C^2H^4Az^2O^2}_{\text{Urée.}}$$

La Sarcosine est, comme la glycollammine, un acide alcali, et la créatine dérive de sa fonction acide par l'union directe de la cyanamide $C^2H^2Az^2$ à la sarcosine :



$$\underbrace{C^6H^7AzO^4}_{\text{Sarcosine}} + \underbrace{C^2H^2Az^2}_{\text{Cyanamide}} = \underbrace{C^8H^9Az^3O^4}_{\text{Créatine.}}$$

Cette synthèse a été réalisée.

En présence d'un acide énergique, la créatine perd H^2O^2 et fournit de la *créatinine* $C^8H^7Az^3O^2$.

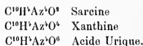
La *Tyrosine* peut se rattacher à la série aromatique ; on peut la regarder comme dérivant de l'acide salicylique oxydé $C^{14}H^6O^8$ par substitution de l'éthylammine à H^2O^2. On a en effet :



$$C^{14}H^6O^8 + C^4H^7Az - H^2O^2 = C^{18}H^{11}Az^2O^6,$$

mais cette synthèse n'a pu être réalisée avec l'acide salicylique iodé.

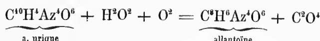
Dans beaucoup de tissus glanduleux on trouve de la *Sarcine*, de la *Xanthine*, de l'*acide urique*, etc... Ces trois corps peuvent être représentés par :



$C^{10}H^4Az^4O^2$	Sarcine
$C^{10}H^4Az^4O^4$	Xanthine
$C^{10}H^4Az^4O^6$	Acide Urique.

On voit que la xanthine et l'acide urique peuvent être considérés comme des produits d'oxydation de la sarcine.

Oxydé en présence de l'eau, l'acide urique peut à son tour se dédoubler en allantoïne et acide carbonique :



$$\underbrace{C^{10}H^{4}Az^{4}O^{6}}_{\text{a. urique}} + H^{2}O^{2} + O^{2} = \underbrace{C^{8}H^{6}Az^{4}O^{6}}_{\text{allantoïne}} + C^{2}O^{4}$$

L'*allantoïne* en s'unissant à l'oxygène donne de l'urée et de l'acide oxalique :



$$\underbrace{C^{8}H^{6}Az^{4}O^{6}}_{\text{allantoïne}} + 2H^{2}O^{2} + O^{2} = \underbrace{C^{4}H^{2}O^{8}}_{\text{a. oxalique}} + \underbrace{2(C^{2}H^{4}Az^{2}O^{2})}_{\text{Urée.}}$$

L'*acide oxalique* à son tour se transforme en acide carbonique et eau.

Ainsi, en partant d'un terme dérivé de la matière albumineuse primitive, on peut arriver à former une échelle de combustion.....

TROISIÈME PARTIE

ANALYSE

Un liquide soupçonné albumineux étant donné à analyser, on peut se poser quatre questions :

A. — *Contient-il une matière albumineuse ?*

B. — *Quelle est ou quelles sont celles qu'il contient ?*

C. — *Quelle quantité de matière albumineuse contient-il ?*

D. — *Combien en contient-il de chaque espèce ?*

Nous n'avons pas la prétention en commençant ce chapitre de donner le moyen de répondre avec certitude à ces quatre questions, mais nous essaierons d'exposer les méthodes qui permettent de les résoudre de la façon la plus complète.

A. — Pour constater la présence d'une matière albumineuse sans la caractériser, il faut obtenir une ou plusieurs des réactions suivantes :

1°. — Porter la liqueur à l'ébullition et l'additionner d'acide azotique jusqu'à forte réaction acide (1). Trois cas peuvent se présenter :

(1) L'addition d'une trop grande quantité d'acide azotique pourrait quelquefois tenir l'albumine en solution.

(a). — L'ébullition détermine un précipité insoluble dans l'acide azotique :

(b). — L'acide azotique fait naître un précipité dans la liqueur limpide :

On en conclut à la présence de l'albumine.

(c). — L'ébullition détermine un précipité soluble dans l'acide azotique :

Il n'y a pas d'albumine.

2°. — Le réactif Méhu (acide acétique, acide phénique aa : 1 gr., alcool à 90° 2 gr.), ajouté à une solution albumineuse saturée de sulfate de soude, précipite des traces de matière albumineuse et le précipité se rassemble facilement.

3°. — Aciduler fortement la liqueur par l'acide acétique jusqu'à forte réaction acide, et ajouter à la liqueur un volume égal d'une solution concentrée de sulfate de soude. On porte à l'ébullition ; s'il se fait un précipité, c'est qu'il existe dans la liqueur une substance albumineuse.

L'emploi de l'acide acétique et du réactif de Méhu, l'un et l'autre associés au sulfate de soude, n'empêchent pas la recherche ultérieure du sucre et des autres principes organiques ; si la liqueur est colorée, on la décolore par le sous-acétate de plomb.

L'acide azotique employé sans avoir recours à l'ébullition entraîne avec lui une cause d'erreur (précipitation de l'acide urique). Il en est de même de l'acide acétique employé seul : nous avons vu que cet acide possédait à l'ébullition des propriétés dissolvantes sur un grand nombre de matières albumineuses.

Détermination de faibles traces de matière albumineuse. — Des quantités de matière albumineuse inappréciables à la balance peuvent être mises en évidence par les réactions suivantes :

1° *Coloration violette* par l'ébullition avec une lessive de soude caustique et une ou deux gouttes de sulfate de cuivre ;

2° *Coloration rouge* en faisant bouillir la liqueur avec l'acide azotique concentré ;

3° *Coloration rouge* par le réactif dit de Millon quand on élève la température;

4° *Coloration bleue* avec le réactif de Frœhde.

Séparation des matières albumineuses des autres corps contenus dans les liquides. — On porte le liquide à l'ébullition, et, s'il n'est pas acide, on l'additionne goutte à goutte d'acide acétique étendu jusqu'à production d'un précipité blanc floconneux. Cet acide doit être employé avec beaucoup de circonspection, car nous savons qu'il dissout l'albumine.

Si ce moyen a été employé sans succès, on peut avoir recours à l'acétate de fer (1), qui est un excellent réactif, pour séparer les matières albumineuses de leurs solutions. Il suffit d'ajouter une goutte d'acétate de fer, de faire bouillir vivement et de filtrer. L'ébullition transforme l'acétate de fer en acétate basique qui se précipite complétement, et la liqueur s'éclaircit et filtre très-bien.

Ces méthodes sont applicables quand on ne craint pas de décomposer d'autres substances par la chaleur ; mais, si la liqueur doit servir à d'autres recherches, il est préférable de précipiter les matières albumineuses par le sous-acétate de plomb (2) ou par l'alcool sans avoir recours à la chaleur.

(1) On l'obtient facilement en saturant par l'acide acétique de l'oxyde de fer récemment précipité.

(2) Il ne faut pas perdre de vue que le sous-acétate de plomb employé

L'alcool froid concentré, employé en excès, précipite les moindres traces de matière albumineuse pourvu que la solution ne soit pas trop alcaline. Dans ce dernier cas, on saturerait l'alcali en ajoutant quelques gouttes d'acide acétique étendu jusqu'à faible réaction acide. L'addition de l'alcool déterminant une élévation de température, on laisse refroidir dans un endroit frais, car les matières albumineuses sont plus solubles à chaud qu'à froid.

Dans certains cas, pour séparer les matières albumineuses, il est préférable d'évaporer les liqueurs au bain-marie jusqu'à dessiccation, après les avoir toutefois acidulées par l'acide acétique.

Le résidu est pulvérisé, puis épuisé par l'alcool bouillant, l'éther pur et l'eau chaude de toutes ses parties solubles. L'albumine ne se dissout pas, mais quelques traces d'albuminat peuvent être enlevées.

B. — **Distinction des différentes espèces d'albumine.** — En se reportant aux caractères que nous avons donnés à chaque matière albumineuse, on possédera les éléments suffisants pour opérer cette distinction.

C. — **Dosage.** — Si nous nous plaçons au point de vue clinique, les matières albumineuses que l'on peut avoir à doser dans les liquides pathologiques sont peu nombreuses ; elles peuvent se résumer à trois principales qui sont : la *fibrine*, la *caséine* et l'*albumine*. Les autres variétés albuminoïdes qui peuvent se trouver dans les liquides sont

---

en excès peut redissoudre une certaine quantité de matière albumineuse, et qu'il ne précipite pas complétement l'albumine.



dosées comme albumine, à moins cependant que l'on opère sur certaines sérosités provenant de kystes, d'épanchements de la plèvre, du péricarde et du péritoine, dans lesquels on peut quelquefois rechercher les variétés d'albumine que nous avons décrites sous le nom de *Métalbumine, Paralbumine, Hydropisine.*

Fibrine. — Les liquides pathologiques renferment généralement très-peu de fibrine ; aussi le dosage de cette matière réclame-t-il quelques précautions particulières qui ne sont pas nécessaires quand on opère sur du sang.

Dosage de la fibrine dans le sang. 1er *Procédé.* — Pour le mettre en pratique, il faut avoir à sa disposition : 1° un morceau de taffetas de soie noire préalablement mouillé ; 2° un verre à précipité très-mince, recouvert d'un capuchon en caoutchouc percé d'un trou à son sommet, afin de permettre l'introduction d'un agitateur en baleine ; 3° cet agitateur terminé en rame à sa partie inférieure.

On commence par déterminer le poids de ces divers instruments, et on recueille 40 grammes de sang environ dans le verre à précipité ; on le recouvre avec le capuchon et on agite vivement pendant dix minutes afin de rassembler la fibrine sous forme de filaments. On pèse alors l'appareil, et on obtient, par différence, le poids du liquide soumis à l'expérience. Au bout d'une demi-heure environ, on enlève le capuchon, on décante sur le taffetas le liquide refroidi, et, quand il est à peu près écoulé, on fait tomber peu à peu le dépôt fibrineux. Les dernières portions de fibrine adhérentes au vase et à l'agitateur sont enlevées au moyen de lavages à l'eau. Quand la fibrine est bien réunie sur le taffetas, on en fait un nouet serré, qu'on lave sous un filet d'eau en le comprimant en tous sens. Ce traitement terminé, on enlève la fibrine à l'aide d'une pince fine,

et, après l'avoir desséchée à 110°, on la pèse. On obtient ainsi la quantité de fibrine contenue dans le poids du sang employé. Elle retient toujours une certaine quantité de matière grasse qui peut lui être enlevée par l'alcool bouillant.

Si on opère sur du plasma, il faut l'étendre de son volume d'eau.

2e *Procédé*. — Recevoir le sang dans un flacon taré, laisser le caillot se former, et, au bout de vingt-quatre heures recevoir le caillot sur du taffetas de soie noire mouillé. On le malaxe dans une solution de sulfate de soude saturée d'oxygène et marquant 17° Baumé. Finalement la fibrine est lavée à l'eau, recueillie, séchée et pesée comme précédemment.

Le dosage de la fibrine d'un caillot se fait de la même manière.

Dosage de la fibrine dans les autres liquides. — La fibrine se rencontre souvent dans les liquides pleurétiques, les épanchements séreux, l'urine et dans tous les liquides susceptibles de contenir du sang. Ils en contiennent généralement peu; la quantité en est même quelquefois si faible que la putréfaction arrive avant que le dépôt ne s'en soit effectué, ce qui rend le dosage difficile, sinon impossible (1). On dose la fibrine dans ces liquides par le procédé que nous avons donné pour la fibrine du sang, en employant toutefois une quantité de liquide plus considérable. De plus, on laisse le dépôt s'effectuer pendant vingt-

(1) La plupart des liquides fibrineux ne tardent pas à se coaguler en masse, au point même de pouvoir se laisser couper comme un corps solide ; on est alors tenté d'y supposer la présence d'une quantité notable de fibrine qui n'y existe pas.

quatre heures au moins avant de le recueillir, et on a soin d'opérer à une température de 10° pour éviter la putréfaction qui ne tarderait pas à se manifester. Quand la température et la quantité de liquide le permettent, on peut diviser son liquide dans plusieurs verres et doser consécutivement la fibrine dans chacun d'eux à un jour d'intervalle.

Dosage de la Caséine. — La caséine n'existe pour ainsi dire que dans le lait. Pour la doser, on la précipite par l'acide acétique, en ayant soin d'élever la température à 35° ou 40° pour hâter la séparation. Le précipité est recueilli sur un filtre, lavé à l'eau alcoolisée, et desséché. On le débarrasse du beurre par l'éther et on le lave ensuite à l'alcool bouillant. Le résidu desséché à 100° donne le poids de caséine contenu dans la quantité de liquide soumise à l'expérience.

Ce procédé est encore employé pour doser dans les liquides pathologiques une matière qui est précipitable par l'acide acétique et que l'on désigne sous le nom de caséine.

Le sulfate de magnésie précipitant aussi l'hydropisine, on ne peut l'employer pour doser la caséine.

Dosage de l'Albumine. — Pour doser l'albumine dans les liquides, trois méthodes générales peuvent être employées :

1° *Polarisation circulaire ;*

2° *Coagulation à l'ébullition après addition d'acide acétique,*

3° *Précipitation de l'albumine par certains réactifs.*

Polarisation circulaire. — Ce procédé de dosage est fondé sur la propriété que possèdent les solutions albumineuses de dévier la lumière polarisée proportionnellement à la quantité d'albumine qu'elles renferment. Becquerel a fait construire un instrument basé sur cette propriété,

auquel il a donné le nom d'*albuminimètre* et dans lequel chaque degré correspond à 10.80 d'albumine. Les degrés sont divisés en soixante minutes dont chacune se trouve ainsi représenter 0,180 millig. d'albumine.

Suivant Neubauer, en se servant de l'appareil Soleil, un gramme d'albumine dissous dans 100 cent. cub. d'eau et observé dans un tube de 0,20 cent. donnerait une déviation de un degré. Chaque division correspondrait donc à 0,1 décigramme.

Ce procédé entraîne avec lui de grandes causes d'erreur. En effet, aujourd'hui encore le pouvoir rotatoire de l'albumine n'est pas définitivement fixé, et la faiblesse de ce pouvoir entraîne avec lui de grandes chances d'erreur quand on veut doser par ce procédé des liquides généralement peu albumineux comme les liquides pathologiques. La décoloration nécessaire des liquides, qui ne peut avoir lieu que par des procédés qui précipitent plus ou moins complétement l'albumine, fausse nécessairement les résultats. On a bien proposé, il est vrai, la décoloration par un lait de chaux ou une solution de carbonate de soude ; mais ces réactifs ont l'inconvénient de ne pas décolorer complétement les liqueurs et de modifier le pouvoir rotatoire. La présence du sucre qui peut, lui aussi, se trouver dans un liquide albumineux rend cette analyse très difficile. On pourrait, il est vrai, précipiter l'albumine par l'alcool, et, après avoir ramené la liqueur alcoolique au volume primitif et fait une nouvelle observation au polarimètre, attribuer la différence à l'action de l'albumine qui agit en sens contraire du sucre; mais le liquide se colorerait encore par l'évaporation, et l'observation serait rendue très difficile, sinon impraticable. Ces reproches qui ne sont pas les seuls que l'on puisse adresser à ce procédé sont, nous le croyons,

suffisants pour nous permettre de dire qu'il est peu pratique.

Dosage par la chaleur. — On doit opérer sur un liquide rendu limpide par dépôt ou filtration. Avant de le filtrer, on s'assure qu'il possède une réaction légèrement acide et, s'il ne la possède pas, on l'additionne de quelques gouttes d'acide acétique dilué jusqu'à ce qu'il rougisse le tournesol. Oublier cette précaution, c'est s'exposer à doser comme albumine les urates, les phosphates et le mucus en suspension, et, si au contraire, le liquide est alcalin, à laisser en solution des quantités considérables d'albumine.

On prend du liquide ainsi préparé une dose pouvant fournir un précipité contenant de deux à quatre décigrammes d'albumine (1) supposée sèche, et on l'étend de quantité suffisante d'eau distillée pour lui faire occuper un volume de 100 cent. cub. (2). On le verse alors dans une capsule de porcelaine (3), on chauffe et on maintient à l'ébullition pendant quelques minutes, en ayant soin d'ajouter quelques gouttes d'acide acétique dilué, si le coagulum ne nage pas au milieu d'un liquide limpide. Ce résultat obtenu, on jette le coagulum sur un petit filtre pesé bien sec, on lave la capsule avec de l'eau distillée, on verse cette eau de lavage sur le précipité et on le lave lui-même avec de l'eau pure. Le filtre est ensuite desséché à l'étuve, refroidi entre deux verres de montre sur l'acide sulfurique, et pesé. En dédui-

(1) Un précipité trop considérable est difficile à sécher.

(2) Un liquide albumineux trop concentré se prend en masse et se lave difficilement.

(3) Si on emploie un matras, on détache difficilement les parcelles d'albumine adhérentes à ses parois; de plus, l'albumine se coagule difficilement, même en solution concentrée, en présence d'une grande quantité de vapeur d'eau. Ce phénomène est encore inexpliqué.

sant du poids obtenu le poids du filtre pesé sec, on obtient celui de l'albumine. Quelques opérateurs ne chauffent pas directement le liquide albumineux; ils le versent dans une solution saturée de sulfate de soude. Dans ce cas la proportion de solution saline et albumineuse doit être calculée de manière à rester à peu près dans les conditions précédentes.

En dosant par ce procédé l'albumine de l'œuf ou du sérum ajoutée en quantité connue dans une liqueur quelconque, on obtient un chiffre inférieur à celui qu'on est en droit d'attendre. Mais l'albumine ainsi obtenue contient beaucoup moins de cendres que l'albumine de l'œuf et du sérum; de plus, il peut rester en solution une certaine quantité d'albumine qui s'est modifiée sous l'influence de l'acide ou de l'air. Mais ces différences sont compensées par la matière colorante que l'albumine entraine toujours en se coagulant.

On a essayé d'apprécier la quantité d'albumine contenue dans un liquide, en considérant la hauteur du coagulum formé, en chauffant ce liquide dans un tube à essai ; mais la nature du liquide dans lequel on verse une solution albumineuse d'un titre connu a une telle influence sur les résultats que ce procédé doit être considéré comme très-imparfait.

Procédé Berzélius. — On acidule légèrement par l'acide acétique, 30 ou 50 cent. cubes de liqueur albumineuse, on filtre et on évapore à siccité. Après avoir épuisé le résidu par l'eau chaude et l'alcool, on le recueille sur un filtre pesé sec et on le dessèche. Par différence on obtient le poids de l'albumine et des sels insolubles. On grille alors le filtre, et la différence entre le poids d'albumine brute et les cendres, donne le poids d'albumine réelle que contient le liquide employé.

Cette méthode réussit bien avec les liquides séreux qui contiennent peu de matière colorante.

Procédé Bœdecker. — Ce procédé volumétrique est fondé sur la précipitation de l'albumine en solution acétique par le ferrocyanure de potassium. Bœdecker admet comme équivalent de l'albumine, la formule donnée par Lieberkühn $C^{144}H^{112}Az^{18}O^{44}S^{2} = 1612$ qui, d'après lui, exige pour se précipiter complétement 211 gr. 2 de ferrocyanure de potassium. La liqueur titrante est faite avec 1 gr. 309 de ferrocyanure et quantité suffisante d'eau pour former 1000 cent. cubes : chaque cent. cube correspond ainsi à 0,01 centig. d'albumine.

Pour opérer le dosage, on acidule légèrement le liquide albumineux, on le filtre et, après l'avoir étendu de son volume d'acide acétique, on l'introduit dans une burette graduée en 1/10 de cent. cubes. D'un autre côté on dispose 6 ou 8 petits filtres de papier choisi et on les lave avec de l'eau acidulée par l'acide acétique, puis, à plusieurs reprises avec de l'eau distillée bouillante. Cela fait, on prend 10 cent. cubes de la solution albumineuse acidifiée et, après y avoir ajouté 5 cent. cubes de liqueur titrante, on filtre. Si le cyanoferrure a été employé en excès, le liquide filtre jaune et clair et il n'est pas troublé par l'addition d'une nouvelle quantité de ferrocyanure, tandis qu'au contraire, la solution albumineuse y produit un précipité floconneux. (1).

Si l'albumine est en excès, le liquide filtre trouble, et non-seulement le ferrocyanure, mais la solution albumineuse elle-même y détermine un précipité. Ce premier essai ter-

(1) Il ne faut pas employer une trop grande quantité de solution albumineuse qui empêcherait la formation du précipité en le redissolvant.

miné, on en recommence un second en doublant soit la quantité d'albumine, soit la quantité de liqueur titrante, et on procède ainsi jusqu'à ce que la solution d'abord employée en trop faible quantité soit en excès.

Un nouvel essai avec des quantités intermédiaires fait bien vite atteindre des limites de plus en plus resserrées, et on arrive à la neutralisation exacte des deux liquides. Le nombre de cent. cubes de liqueur titrante employés, représente en centigrammes la quantité d'albumine contenue dans le volume de liqueur albumineuse soumis à l'expérience.

Ce procédé est d'origine allemande. Neubauer, Hoppe Seyler, Thomas ne le considèrent pas comme exact pour des solutions albumineuses ne contenant que 1.5 à 2 p. 100 d'albumine.

Procédé Méhu. — Il repose sur la propriété que possèdent l'acide phénique, la créosote et diverses autres substances de coaguler l'albumine et de la rendre imputrescible.

Voici la formule du réactif de Méhu :

Acide phénique cristallisé. .	1
Acide acétique du commerce .	1
Alcool à 90°	2

Cette solution se conserve indéfiniment, 10 cent. cubes versés dans 100 cent. cubes d'eau ou dans 100 cent. cubes d'une solution albumineuse s'y dissolvent instantanément. — Pour doser l'albumine, on acidule légèrement le liquide albumineux avec de l'acide acétique et on filtre. On prend alors 100 cent. cubes de ce liquide filtré (1), on l'additionne

(1) Il est avantageux d'avoir sur le filtre un poids d'albumine ne dépassant pas 0,50. Si la liqueur était trop albumineuse on en prendrait approximativement la quantité pouvant fournir ce poids d'albumine et on ajouterait q. s. d'eau pour former 100 cent. cubes.

de 2 cent. cubes environ d'acide azotique (1), puis à l'aide d'une pipette on y ajoute 10 cent. cubes de la solution phénique. On agite bien afin de diviser le précipité et on le recueille sur un filtre Berzélius pesé dans un état parfait de dessiccation. Le liquide s'écoule rapidement (2); on rassemble le précipité et on le lave avec de l'eau alcoolisée ou avec une solution aqueuse d'acide phénique au 1/100ᵉ. On enlève le filtre, on l'étale et on le dessèche à une température de 100 à 105°. Le filtre sec refroidi sur l'acide sulfurique entre deux verres de montre est pesé; la différence de son poids avec celui du filtre vide donne celui de l'albumine.

Le précipité obtenu avec ce réactif ne donne que 1 °/₀ de cendres. On comprend qu'il ne peut fournir un résultat exact avec l'albumine de l'œuf qui en donne de 6 à 7 °/₀. Aussi on n'obtient guère que 95 °/₀ environ du poids de l'albumine brute.

La *métalbumine*, la *paralbumine* et l'*hydropisine* peuvent être dosées par le procédé Méhu. Si l'on veut doser l'*hydropisine* seule, on la précipite par le sulfate de magnésie, on recueille le précipité sur un filtre et, après l'avoir lavé avec une solution froide de sulfate de magnésie, on le dessèche. La différence entre le poids du filtre chargé d'hy-

(1) L'emploi de l'acide azotique est nécessaire pour précipiter complétement l'albumine. Dans des liqueurs peu salines, on pourrait y substituer le sulfate de soude en solution saturée, que l'on ajouterait à volume égal au liquide albumineux ; mais l'emploi de l'acide azotique est préférable parce que le précipité se sépare plus facilement du liquide et se lave mieux.

(2) Les liqueurs filtrées ne doivent plus précipiter par les réactifs des matières albumineuses ; s'il en était autrement, on aurait employé une quantité insuffisante de réactif.

dropisine et la somme des poids du filtre vide et des cendres donne la quantité d'hydropisine.

Le procédé de dosage par l'acide acétique et l'ébullition, et celui de Méhu, bien employés, sont très-exacts et très-faciles à mettre en pratique ; aussi les préférons-nous à tous les autres.

D. — L'étendue déjà considérable de notre travail ne nous permet pas d'entrer dans l'étude spéciale des différents liquides pathologiques, étude qui serait nécessaire si nous entreprenions de décrire la séparation des différentes espèces albumineuses et leur dosage à l'état de mélange. Les caractères nombreux que nous avons donnés à l'étude particulière que nous avons faite de chacune d'elles et la connaissance que l'on peut avoir de la composition des différents liquides organiques guideront mieux que toutes les généralités que l'on pourrait faire sur ce sujet.

QUATRIÈME PARTIE

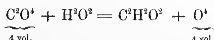
PHYSIOLOGIE

La chimie physiologique des matières albumineuses peut se résumer sous trois chefs principaux : ***Formation, digestion, nutrition.***

On ne peut pas encore expliquer aujourd'hui d'une manière satisfaisante comment les plantes fabriquent les principes immédiats les plus simples, mais on sait qu'elles peuvent construire de toutes pièces, en partant de la matière minérale, des substances possédant une composition semblable aux matières albumineuses que nous avons étudiées, c'est-à-dire des corps composés de carbone, d'hydrogène, d'oxygène, d'azote et de soufre. L'animal ne fait pas, comme la plante, la synthèse des substances albumineuses; il les prend toutes formées dans les tissus d'autres espèces zoologiques ou botaniques, de sorte que le règne végétal est la principale source des principes albuminoïdes. On ne peut cependant pas dire que les animaux ne produisent pas de matières albuminoïdes qui leur soient propres. Il existe, en effet, un assez grand nombre d'espèces d'albumine animale qui ne se trouvent pas dans les

végétaux, mais il est probable qu'elles ne s'y sont pas produites de toutes pièces et qu'elles proviennent du dédoublement d'autres matières déjà préexistantes. Nous devons donc commencer par suivre la formation de ces principes dans le règne végétal.

Les végétaux puisent certainement leur carbone à l'acide carbonique contenu dans l'air. Ce gaz est en effet décomposé par les parties vertes des plantes placées au soleil dans une atmosphère humide, et à un volume d'acide carbonique succède un volume à peu près égal d'oxygène. Or, on peut admettre que l'acide carbonique et l'eau sont l'un et l'autre décomposés, le premier en oxyde de carbone et oxygène, le second en hydrogène et oxygène, et que l'hydrogène s'unit à l'oxyde de carbone formé pour fournir un corps isomère du glucose, tandis que l'oxygène se dégage en volume égal à celui de l'acide carbonique décomposé, fait conforme à l'expérience.



$$\underbrace{C^2O^4}_{4\text{ vol.}} + H^2O^2 = C^2H^2O^2 + \underbrace{O^4}_{4\text{ vol.}}$$

Par simple polymérisation on pourrait ainsi expliquer la formation du glucose.

L'azote paraît dû en partie, sinon en totalité, à la fixation des éléments de l'ammoniaque contenue soit dans l'atmosphère, soit dans les engrais, soit dans le sol, soit enfin dans les matières qui résultent de la métamorphose des nitrates, car la présence de ces corps favorise considérablement le développement des matières albuminoïdes. Or, Thénard a vu que si on chauffe du glucose avec des nitrates, on obtient une matière glutineuse azotée. Dehérain a obtenu un produit analogue en faisant passer de l'azote libre dans une solution alcaline, et Dusart, dont nous avons

déjà parlé, l'a également obtenue avec de l'ammoniaque. En présence de ces faits, on peut supposer que sous l'influence des rayons solaires les hydrates de carbone réagissent sur les matières azotées et peut-être même sur les sulfates du sol, et qu'ils les réduisent en s'unissant à l'ammoniaque et au soufre pour former les matières albuminoïdes.

Ces hypothèses, on le voit, sont bien vagues et elles sont loin de jeter un jour bien clair sur le mécanisme qui préside à la fixation de l'azote dans les végétaux et sur la suite des transformations que doivent éprouver les composés azotés. Aussi ne doit-on les prendre que pour ce qu'elles sont en réalité, c'est-à-dire comme des idées qui s'accordent plus ou moins avec la théorie mais qui ont besoin d'une démonstration expérimentale pour être justifiées.

Arrivées dans l'estomac de l'herbivore, ces matières azotées se trouvent soumises à l'influence du suc gastrique ; elles éprouvent des dédoublements et se trouvent transformées en corps plus dialysables qui passent dans le sang, où, elles sont encore modifiées et, de là, sont portées aux tissus qui se les assimilent.

Les organes des animaux constituent une sorte de laboratoire assujetti à des conditions très-délicates de température, de dissolution, d'affinités peu énergiques, etc. C'est dans ce milieu que les substances organiques se transforment. La série de leurs métamorphoses concourt vers un but unique, la nutrition, et leurs réactions fournissent la chaleur et la force sans lesquelles la vie s'éteindrait immédiatement. Les herbivores possèdent la faculté de s'assimiler les substances azotées végétales et de former avec ces principes des substances azotées animales qui vont servir à la nutrition des carnivores.

Mais arrivons à la digestion des matières azotées animales.

Trois théories se trouvent aujourd'hui en présence pour expliquer l'action du suc gastrique sur les matières albuminoïdes.

A. — Les transformations subies par ces substances seraient rapportées principalement à l'action de l'acide chlorhydrique libre, et la pepsine ne serait qu'un agent d'accélération.

B. — La transformation des matières albumineuses serait un simple changement isomérique dû surtout à l'action de la pepsine, et les corps résultants ne pourraient pas être confondus avec ceux provenant de l'action de l'acide chlorhydrique seul.

C. — Elles subiraient sous l'influence de l'acide et de la pepsine un dédoublement, et l'un des termes de ce dédoublement serait seul apte à être assimilé.

A. — Cette théorie est basée sur l'action que l'acide chlorhydrique dilué exerce sur les matières albumineuses, action observée en 1842 par M. Bouchardat qui donna le nom d'*albuminose* au produit dialysable qui en résulte et qui le reconnut comme identique à celui résultant de l'action du suc gastrique sur ces matières.

B. — Cette deuxième manière d'envisager la digestion des substances albumineuses repose sur l'action dissolvante du suc gastrique qui finit par les transformer en substances solubles dialysables, non précipitables par les acides et les alcalis, que Lehmann a appelées *peptones*.

Pour préparer sa *peptone*, Lehmann fait bouillir le liquide provenant d'une digestion naturelle ou artificielle d'une matière albumineuse, il le filtre, l'évapore sur la craie pour précipiter les phosphates, le filtre de nouveau et évapore en consistance sirupeuse. Il traite alors le produit sirupeux par l'alcool à 83° qui précipite du peptonate de chaux et qui

enlève les chlorures de sodium et de calcium solubles dans l'alcool faible. Le précipité lavé à l'alcool et à l'éther, mis en digestion avec du carbonate de soude, donne un peptonate sodique ; on transforme ce dernier en peptonate barytique que l'on décompose ensuite par l'acide sulfurique ajouté avec précaution.

Toutes les substances albumineuses se transforment dans un temps variable en peptones qui possèdent de nombreuses propriétés communes sans être toutefois identiques car elles diffèrent par leur pouvoir rotatoire. Amorphes, blanches, hygrométriques, solubles dans l'eau, insolubles dans l'alcool à 85°, dialysables, elles forment avec les bases alcalines et alcalino-terreuses des sels neutres, solubles dans l'eau et sont précipitées par le tannin et les sels mercureux et mercurique. L'acétate de plomb fait naître un trouble qui disparaît par l'addition d'un excès de réactif. Le sous-acétate de plomb ammoniacal les précipite ; le sulfate de cuivre, l'azotate d'argent, les mélanges d'acides et d'alcalis, les sels terreux ne les précipitent pas. Les acides ne les précipitent pas non plus; l'acide azotique les colore en jaune; elles donnent la coloration avec le réactif dit de Millon, possèdent une composition semblable à celle des matières albumineuses, et renferment environ 1.602 de soufre p. 1000.

L'action des acides, des alcalis en présence des acides, et des sels terreux sur ces peptones établit une distinction entre elles et l'albuminose de Bouchardat.

Aujourd'hui Brucke professe que l'action du suc gastrique est double et successive, que, par son acide chlorhydrique il transforme les matières albumineuses dans la substance appelée *albuminose* par Bouchardat et *syntonine* par Liebig, que la pepsine hâte non-seulement cette transformation,

mais la poursuit en transformant cette syntonine en peptone.

Ainsi donc, d'après Brucke, l'albuminose de Bouchardat ne serait qu'un état intermédiaire qui précéderait la formation de la peptone.

C. — Cette théorie est celle de Meissner. Il prétend que le suc gastrique possède la propriété de dédoubler les substances albumineuses en deux parties, la *peptone* et la *parapeptone*.

La peptone est assimilable, mais la parapeptone doit subir des modifications ultérieures avant d'être résorbée. La parapeptone est contenue dans le précipité qui se forme quand on neutralise exactement le suc gastrique dans les premiers moments de la digestion. Elle ne se transforme jamais en peptone et donne d'une manière constante, par les progrès de la digestion de la *dyspeptone*, substance insoluble même dans le suc gastrique additionné de 2/1000 d'acide chlorhydrique. Si on filtre la liqueur d'où l'on a précipité la parapeptone par neutralisation, on y trouve trois corps que Meissner a appelés *peptones* (α), (β), (γ).

La *peptone* (α), est précipitable par l'acide azotique concentré et par le ferrocyanure après addition d'acide acétique. La *peptone* (β), ne précipite que par le premier de ces réactifs. La *peptone* (γ), ne précipite par aucun d'eux.

Ces trois peptones sont incoagulables par la chaleur et dialysables; toutes précipitent par le tannin et le bichlorure de mercure. Elles n'ont pas été isolées ni étudiées séparément.

L'action de la pepsine sur les matières albuminoïdes est arrêtée aussitôt qu'on ajoute un peu de bile au liquide.

La parapeptone de Meissner nous paraît ressembler beaucoup à l'albuminose de Bouchardat et à la syntonine de

Brucke et Liebig, et il serait très-possible qu'elle ne fût que le produit naturel de l'action du suc gastrique. Chaque matière albumineuse a sa loi de digestibilité. Ainsi l'albumine cuite se gonfle et se dissout, la caséine se coagule puis se redissout, la musculine se gonfle et devient pultacée, etc...

Pour terminer la digestion il nous reste maintenant à considérer l'action de *la bile*, du *suc pancréatique* et du *suc intestinal.*

La bile est sans action sur les matières albuminoïdes incomplétement digérées dans l'estomac, mais Cl. Bernard lui a reconnu la propriété de précipiter les syntonines, les peptones et parapeptones de Meissner. Il se fait avec les peptones des flocons résinoïdes jaunâtres qui contiennent des acides biliaires et de la matière protéique et qui forment sur les parois de l'intestin un enduit que dissout peu à peu le suc intestinal. Nous avons vu que la bile précipitait la pepsine : la digestion n'a donc plus lieu alors que sous l'influence du suc pancréatique.

L'action du suc pancréatique sur les matières albumineuses est beaucoup plus énergique que celle du suc gastrique, et elle n'est pas entravée par la bile (Cl. Bernard). Les peptones qui en résultent paraissent différentes de celles du suc gastrique, mais elles ont été peu étudiées jusqu'alors.

L'action du suc intestinal est peu connue. Schiff (1) prétend qu'il dissout la fibrine, la caséine et l'albumine. On ignore son action sur les peptones; on sait seulement que

(1) Schiff, *Jahresb. für Anat.*, 1868.

les produits de la digestion stomacale sont absorbés par l'intestin avec une énergie beaucoup plus grande qu'une solution d'albumine crue.

Nutrition. — Considérées au point de vue de la nutrition toutes les substances albumineuses sont éminemment nutritives et très-assimilables. Leur constitution azotée leur permet de fournir à l'économie une grande partie de l'azote qui lui est nécessaire. Leur assimilation est aidée par la présence des substances hydrocarbonées. Ce fait est clairement démontré par l'expérience de Ranke qui a vu qu'un chien nourri exclusivement de viande dépérit et qu'il engraisse au contraire si l'on joint à son alimentation de la graisse et de l'amidon.

L'assimilation de ces substances est, d'après Kemmerich, puissamment aidée par les sels de la chair musculaire et surtout par ceux de potasse.

Persoz, Liebig, Bidder, Schmidt, Tscherinoff ont démontré que l'engraissement peut avoir lieu avec une nourriture composée de viande exempte de tout corps gras. Ce fait tendrait à prouver qu'une partie de la matière albumineuse est assimilée à l'état de graisse.

L'urée est le principal produit azoté de la désassimilation. Nous avons cité dans le cours de ce travail un grand nombre de produits azotés non albumineux que l'on trouve dans les liquides excrémentitiels et qui eux aussi peuvent être considérés comme l'urée (acide urique, xanthine, acide hippurique, etc...). La desquammation épidermique et la dépilation désassimilent aussi une certaine quantité d'azote.

Mais comment s'opère cette désassimilation et quelle est la marche suivie des phénomènes dans ces décompositions

successives?... On ignore encore aujourd'hui les liens qui existent entre l'aliment ingéré, les matériaux qu'il concourt à former et les produits ultimes des secrétions.....

Vu et permis d'imprimer,

Le vice-recteur de l'Académie de Paris,

A. MOURIER.



Vu : bon à imprimer,

Le Directeur de l'École,

CHATIN.

Vu : M. BERTHELOT.

PRÉPARATIONS

GALÉNIQUES	CHIMIQUES
Extrait d'opium.	Teinture d'iode.
Teinture d'extrait d'opium.	Iodure de potassium.
Sirop d'opium.	Iodure de plomb.
Laudanum de Sydenham.	Proto-iodure de mercure.
Morphine.	Bi-iodure de mercure.

2435. — Boulogne (Seine). — Imprimerie JULES BOYER et Cie.